ميكروبيولوجيا الأراضى

دكتور

صلاح الدين محمود طه

أستاذ البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
دبلوم فى العلوم الزراعية
بكالوريوس فى العلوم من جامعة كاليفورنيا
ماجستير فى الميكروبيولوجيا من جامعة كاليفورنيا
دكتوراه فى البكترويولوجيا من جامعة متشجان

دكتور

سعد على زكى محمود

مدرس البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
بكالوريوس فى العلوم الزراعية
بكالوريوس فى العلوم من جامعة ادنبرة
دكتوراه فى البكتريولوجيا من جامعة ليدز

توزيع : مكتبة عالم الكتب

٣٨ شارع عبد الخالق ثروت ــ القاهرة

ميكروبيولوجيا الأراضي

ألف

دكتور
صلاح الدين محمود طه

أستاذ البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
دبلوم فى العلوم الزراعية
بكالوريوس فى العلوم من جامعة كاليفورنيا
ماجستير فى الميكروبيولوجيا من جامعة كاليفورنيا
دكتوراه فى البكتريولوجيا من جامعة منشجان

دكتور
سعد على زكى محمود

مدرس البكتريولوجيا بكلية الزراعة
جامعة عين شمس
بكالوريوس فى العلوم الزراعية
بكالوريوس فى العلوم من جامعة ادنبرة
دكتوراه فى البكتريولوجيا من جامعة ليدز

توزيع : مكتبة عالم الكتب
٣٨ شارع عبد الخالق ثروت ـ القاهرة

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

لقد أصبح التعمق فى دراسة التربة الزراعية من الاهمية بمكان ، بعـد معرفة تركيبها ومحتوياتها وعلاقة مكوناتها بعضها ببعض ، وما تحتويه من أحياء دقيقة ، ذات أثر فعال فى خواصها وانتاجهـا ، وتأثير ذلك كله على النباتات . فكلما زادت هذه الدراسة كلما أمكن التحكم فى خصب التربة والوصول الى انتاج أكبر . ولا شك أن هذه الدراسة هى أوجب ما يكون فى عصرنا الحالى ، فلا بد من بذل عناية أكبر وجهد مضاعف للحصول على زيادة فى الانتاج ، وبالتالى زيادة فى الدخل القومى ، الذى يهدف اليه الجميع ، خاصة وبلدنا زراعى يعتمد قبل كل شيء على الزراعة .

فالارض التى تنبت الزرع ، ليست عبارة عن أتربة خالية من الحياة ، ناتجة من تفتت الصخور نتيجة لعوامل طبيعية أو كيماوية فقط ، ولكنها ممتلئة بالحياة . فجدير بنا اذا عرفنا مقدار ما بها من أحياء دقيقـة ، وما تلعبه هذه الاحياء فى خصب التربة أن نسميها بالارض الحية . ويكفى أن نشير هنا الى أنه لو انعدم وجود هذه الكائنات فى الارض لما كانت هنالك حياة ، فهى التى تقوم بمعدنة المواد العضوية عموما الى الصورة الصالحة لتغذية النبات ، وبذلك تعيد دورة العناصر وتحافظ على كميتها بالاراضى ، اذ أن هذه العناصر فى الطبيعة محدودة المقادير . فتقوم بتحليل ما تبقى من نباتات وحيوانات فيها ، فتعيد للتربة خواصها وصفاتها ، كما تترك مواد عضوية صعبة التحلل فى صورة دوبال ، ضرورى لحفظ خواصها الطبيعية والكيماوية والحيوية ، والذى منه يستمد النبات غذاءه المتواصل .

ويهدف كتابنا ((ميكروبيولوجيا الاراضى)) الى دراسة أحياء التربة الدقيقـة ، والتغيرات التى تحدثها هـذه الاحياء فى المواد التى تحويهـا الارض ، والتى تؤدى الى اعداد الغذاء الصالح للنبات ، وبالتالى الى خصب الارض وقدرتها على الانتاج الوفير للحاصلات الزراعية . كذلك يعنى الكتاب بدراسة الظروف الخاصة التى تؤدى الى الاضرار بالارض ، بفقـد بعض العناصر الهامة ، الامر الذى يؤثر تأثيرا سيئا على نمو النباتات ، وبذا يمكن تلافيهـا .

ونظرا لعدم وجود مؤلف فى هذا العلم الذى يعتبر الآن من أهم علوم الاراضى ، يسهل الاطلاع منه على أساسياته ، وجد المؤلفان أنه خدمة للصالح العام ، خصوصا فى عهدنا هذا الذى نحرص فيه على تعريب المؤلفات والآراء والابحاث والمراجع الاجنبية لكى تعم الاستفادة الى أقصى الحدود ، وضع مؤلفنا هذا راجين النفع به لابناء الوطن المفدى ، وكذا لابناء الاقطار الشقيقة الناطقة بالضاد ، وخاصة لطلبة الجامعات والمعاهد العليا المهتمين بدراسة علوم الاراضى .

ولتمام الفائدة زود المؤلف بكثير من الاشكال والجداول المحتوية على نتائج كثير من التجارب ، مما يسهل الفهم ويقرب الى الاذهان . كما ذيل بموسوعة كبيرة من المراجع الخاصة والعامة ، بها تتم الفائدة .

وكل ما نرجوه أن نكون قد أدينا بعضا مما ندين به لابناء الوطن بما يحتمه علينا واجبنا نحو العام .

والله نسأل أن يوفقنا جميعا الى ما فيه الصالح العام .

القاهرة فى يوليو سنة ١٩٦٠

صلاح الدين محمود طه سعد على زكى محمود

محتويات الكتاب

الباب الخامس

الباب السادس

الباب السابع

الباب الثامن

صفحة

الباب التاسع

الباب العاشر

صفحة

الباب الحادى عشر

الباب الثانى عشر

الباب الثالث عشر

الباب الرابع عشر

المراجع

٣ — أثبت أن التخمر يحدث نتيجة لوجود الميكروبات ونشاطها فيه وليس العكس (هدم نظرية التوالد الذاتى) ، وتتسبب التخمرات المختلفة نتيجة لميكروبات مختلفة .



(شكل ٢)

لويس باستير
١٨٢٢ — ١٨٩٥

هذا بجانب أبحاثه الكثيرة فى الميكروبات المرضية . ويعتبر باستير المنشئ لعلم الميكروبيولوجيا .

ومما لاشك فيه أن الاتجاه فى البحث كان غالبا نحو الميكروبات المرضية ، وهذا طبعاً لأن الانسان أول مايولى عنايته له هو درء الخطر عنه ، وهذه الميكروبات مصدر خطر كبير على حياته .

تلى ذلك أن اتسع أفق علم الميكروبيولوجيا ، وبدلا من أن يكون منحصراً فى المجال الطبي تعداه إلى المجال الصناعى والزراعى .

وصف متشرلش Mitscherlich عملية التخمر والتعفن والدور الذى تلعبه الميكروبات فى تحليل الكربوايدرات . ووصف باستير دور البكتريا والميكروبات الأخرى فى تحليل اليوريا والمواد البروتينية الأخرى، كذلك بقايا النباتات والحيوانات فى التربة والأسمدة العضوية، وعلل عملية التأزت فى مياه المجارى إلى نشاط البكتريا التى تحول الأمونيا إلى نترات .

وفى سنة ١٨٨١ جاء العالم كوخ Robert Koch واستعمل الجيلاتين لعزل الميكروبات من التربة وتقسيمها ، ثم استبدل الجيلاتين بالآجار ،

والحقيقة أن استعماله للمزرعة النقية ألقى ضوءاً على دراسة البكتريولوجيا بصفة عامة وكذلك بكتريولوجيا الأراضى بصفة خاصة .



(شكل ٣)
روبرت كوخ
١٨٤٣ — ١٩١٠

وكان هناك العالم الروسى فينوجرادسكى Winogradsky الذى وضح فعل مجموعة هامة من ميكروبات التربة (بكتريا التأزت) وأهميتها فى خصوبة التربة ، وعزلها فى حالة مزرعة نقية فى بيئة من الأملاح المعدنية ، كما عزل بكتريا الأزوتوبكتر التى تثبت نتروجين الجو .

ولقد تمكن العالم بيجرنك Bejerinck من عزل بكتريا العقد الجذرية Root nodule bacteria من العقد الموجودة على جذور النباتات البقولية ، كما عزل أيضاً الأزوتوبكتر وكذلك بكتريا الكبريت Thiobacillus thioporus. ويعتبر عصر فينوجرادسكى وبيجرنك « العصر الذهبى » لميكروبيولوجيا الأراضى سنة ١٨٩١ — ١٩١٠ ، وإلى هذين العالمين يرجع الفضل فى إنارة الطريق ووضع الأسس العلمية للعلماء الذين جاءوا بعدهما فى هذا العلم .

وبعد أن عرفت بعض مجموعات الميكروبات فى التربة اشتغل العلماء على إيجاد علاقة بينها وبين خصوبة التربة . وفى سنة ١٩٠٢ حاول رمى Remy إستعمال بعض العمليات البكتيرية كمقياس لمجموع النشاط الميكروبى فى التربة ، كما حاول ابتداع طرق لقياس خصوبة التربة عن

طريق الميكروبات. وكانت هذه الطرق مبنية على أن خصوبة التربة تتعلق مباشرة بنشاط الميكروبات فيها.



(شكل ٤)
فينوجرادسكى
١٨٩١

وقد اكتشف أومليانسكى Omeliansky البكتريا غير الهوائية المحللة للسليولوز، واكتشف واكسمان Waksman مادة الاستربتوميسين التى يفرزها أحد أنواع البكتريا Streptomyces griseus فى البيئة التى يعيش فيها. وكلنا يعلم أهمية هذه المواد فى علاج الأمراض.



(شكل ٥)
بيجرنك
١٨٥١ — ١٩٣١

ومما تجدر الاشارة إليه أن الكلمة التى سردناها عن تاريخ ميكروبيولوجيا الأراضى ماهى إلا جزء يسير مما يجب أن يقال. وإن أغفلنا ذكر كثير من العلماء الذين بنوا صرح هذا العلم ليس تقصيرا ولا تقليلا لأعمالهم، وإنما ضيق المكان وعدم إرهاق الطالب بما يزيد عن حاجته هما العاملان المحددان، فضلا عن أن ذكر بعض هؤلاء العلماء سيرد فى الموضوع الخاص به فى حينه.

الباب الثانى

ميكروبات التربة الزراعية

يوجد بالتربة الزراعية الأنواع الآتية من الميكروبات :

١ — البروتوزوا Protozoa

٢ — الطحالب Algae

٣ — الفطريات Fungi

٤ — البكتريا Bacteria

ولكى نوضح علاقة هذه الأحياء الدقيقة بعضها ببعض نبدأ بكلمة عامة عن تقسيم المملكتين الحيوانية والنباتية :

تنقسم الأحياء جميعا إلى مملكتين :

(ا) المملكة الحيوانية :—

١ — الحيوانات وحيدة الخلية Protozoa

٢ — الحيوانات عديدة الخلايا Metazoa

(ب) المملكة النباتية .—

تنقسم المملكة النباتية إلى الأربع أقسام الآتية :

١ — Spermatophyta ذات البذور والأزهار .

٢ — Bryophyta النباتات الحزازية مثل Mosses and liver wart

٣ — Pteridophyta النباتات السرحسية مثل Ferns

٤ — Thallophyta النباتات الثالوسية — ليس لها جذور أو سوق أو أزهار أو أوراق وهى بسيطة التركيب .

تقسيم النباتات الثالوسية Thallophyta

ليس لها جذور أو سوق أو أوراق أو أزهار .

Thallophyta

Fungi

لا تحتوى على كلوروفيل ، قد تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا .

الطحالب

تحتوى على كلوروفيل ، قد تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا ومنها الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة والبنية والحمراء

Eumycetes
yeasts & molds etc.

وتشمل الفطريات والخمائر

وتنقسم إلى :

1 — Phycomycetes—nonseptate

غير مقسمة بحواجز ومنها

Mucors, Rhizopus

2 — Ascomycetes

مقسمة بحواجز ومنها

Powdery mildews,
Molds &yeasts

البياض الدقيق وبعض الفطريات والخمائر .

3 — Basidiomycetes
Smuts, Rusts, Mushrooms

ويتبعها التفحمات والأصداء والمشروم

4 — Fungi imperfecti

مقسمة بحواجز والقليل منها غير مقسم ولم يثبت فيها الطور التزاوجى ومنها

Many molds & Torula

Schizomycetes

الفطر المتكاثر بالانقسام ويسمى بكتريا Bacteria

وتنقسم إلى عشرة فصائل Orders

1 — Pseudomonadales
2 — Chlamydobacteriales
3 — Hyphomicrobiales
4 — Eubacteriales
5 — Caryophanales
6 — Actinomycetales
7 — Beggiatoales
8 — Myxobacterales
9 — Spirochaetales
10 — Mycoplasmatales

وفيما يلى وصفاً مختصراً للميكروبات الموجودة بالتربة الزراعية :

١ — البروتوزوا PROTOZOA

البروتوزوا عبارة عن أحياء دقيقة ذات خلية واحدة تختلف فى الحجم من بضعة ميكرونات إلى ٤ — ٥ مم . وبعض أنواع البروتوزوا قادرة على تكوين مجموعات بها أفراد. ومعظم الأنواع الموجودة فى التربة ميكروسكوبية ولها نواة مميزة أو اثنتين ولكن بعض الأنواع عديدة النويات . لها فجوة قابضة للتخلص من المواد التالفة أو لتعديل الضغط الأسموزى .

بعض أنواع الـ Mastigophora تحتوى على مواد ملونة خضراء أو صفراء أو بنية .

وتنقسم البروتوزوا بالنسبة إلى الحركة إلى الآتى :

١ — Sarcodina أو Rhizopoda — تتحرك بالأرجل الكاذبة Pseudopodia وهى إمتدادات من البروتوبلازم . بعض أنواع عارية وبعضها مغطى بغلاف خارجى تفرزه الخلية من الكيتين أو السليكا أو كربونات الكلسيوم أو من مادة خارجية مثل دياتوم Diatom أو الرمل أو الطين . ويتبعها الأميبا .

٢ — السوطية Mastigophora أو Flagellata . تتحرك بواسطة فلاجلات ، فى بعض الأنواع فلاجلوم واحد وبعضها له كثير منها .

٣ — الهدبية Ciliata أو Infusoria . الحركة بواسطة الأهداب . وهذه الأهداب قد تكون موزعة على جميع الخلية أو فى منطقة منها .

٤ — Sporozoa . وهى متطفلة . والحركة فيها مختزلة جداً .

وتوجد الهـــدبية Ciliata فى التربة متحوصلة ، ولذلك لا يمكن أن يقال أنها سبب فى تحديد عدد البكتريا ونشاطها فى التربة . وكان المعتقد أن الأنواع الصغيرة من الأميبا والسوطية تحدث الحالة المسماة «التربة المريضة» والعامل المحدد لنشاطها الرطوبة ، فكلما زادت الرطوبة كثر نشاطها خاصة

عند توفر المادة العضوية كما فى حالة الأرض المسمدة بوفرة بالسماد البلدى، ومتخلفات المجارى .



(شكل ٦)
أنواع مختلفة من البروتوزوا بالاراضى الزراعية

ومن البروتوزوا الشائعة فى الأراضى الأميبا المسماة Vahlkampfia soli والسوطية Cercomonas crassicauda ، Bodo caudatus ومن الهدبية Colpoda steinii

وذكر بعض الباحثين أن السوطية والهدبية أكثر وجوداً فى التربة عن الأميبا بينما وجد آخرون العكس . والظاهر أن تضارب النتائج يرجع إلى اختلاف الطرق المتبعة فى الفحص .

ويكثر وجود الأميبا فى التربة فى الربيع والصيف . وتوجد البروتوزوا فى الطبقة العليا من التربة (٦ بوصات) ، وتكثر فى الأراضى الغنية بالمواد العضوية .

ولقد وجد كتلر Cutler أن التربة دائماً تحتوى على الأجناس الستة الآتية :

١ — Dimastigamoeba gruberi ٤ — فلاجلية صغيرة ٣-٦ × ٢-٣ ميكرون
٢ — أميبا صغيرة ٥ — Cercomonas sp.
٣ — Heteromita sp. ٦ — Oicomonas termo

واقد وجد Sandon بعد اختباره لعدد ١٠٧ نوع من التربة المتوسطات الآتية لانتشار أنواع البروتوزوا :

٧,٢ فلاجلية

٣,٤ هدبية

٢٤,٥ أميبا

—,٢ Testaceous rhizopods

وبعض هذه البروتوزوا أمكن استزراعها على بيئات عامة الاستعمال، وبعضها نمى على بيئات خاصة . ومما يلاحظ أن ساندون Sandon حصر أنواع البروتوزوا التى وجدها فى العينات فى ٢٥٠ نوع، بعضها وجد فى كل العينات المختبرة بعدد كبير . وكانت السوطية . Heteromita globosus و Cercomonas sp., Oicomonas termo والهدبية Colpoda cucullus, C. steinii والأميبا Hartmanella hyalina & Näegleri gruberi هى أكثر البروتوزوا عدداً .

والاعتقاد السائد أن التربة تحتوى على عدد كبير من البروتوزوا تشمل الأميبا والسوطية يلى ذلك الهدبية. وهذه البروتوزوا تكون جزءاً من مجموعة الأحياء الدقيقة فى التربة . ويجب أن ننوه أن قدرتها على التحكم فى عدد الميكروبات الأخرى فى التربة محدودة جداً . وبعض أنواع البروتوزوا تتغذى على البكتريا وبعضها يتغذى على البروتوزوا نفسها. وبعض أنواع البروتوزوا يقوم بتحليل بقايا النباتات والحيوانات . والتعقيم الجزئى للتربة لا يقتل جميع البروتوزوا الموجودة فيها .

بعض الحيوانات الأخرى فى التربة

توجد حيوانات أكبر فى الحجم من البروتوزوا فى التربة، تختلف هذه فى حجمها من ميكروسكوبية (نماتود) إلى دودة الأرض ويرقات الحشرات.

بعض النماتود مثل Heterodera schachtii وأنواع أخرى تتطفل على النباتات والحيوانات . وبعض أنواع النماتود تعيش معيشة رمية كذلك دودة الأرض Earthworm التى تقلب التربة وتخلطها بالمواد العضوية وغير العضوية مما يزيد فى خصوبتها .

٢ — الطحالب

ALGAE

تنتشر الطحالب بكثرة فى التربة ويقتصر إنتشارها على الطبقة السطحية ويحدد انتشارها الرطوبة . وحيث أنها تحتوى على الكلوروفيل وتحصل على الطاقة اللازمة لها من ضوء الشمس فتوجد فى الطبقات العليا للتربة . ومنها ما يوجد فى الطبقات السفلى لذلك لابد له أن يعيش معيشة هتروتروفية .

وتشتمل أنواع الطحالب الموجودة فى التربة الآتى :

١ — الطحالب الخضراء المزرقة Myxophyceae

٢ — الطحالب الخضراء Chlorophyceae

٣ — Bacillariaceae وتشمل الـ diatoms

وبعض أنواع الطحالب الخضراء المزرقة قادرة على تثبيت أزوت الجو . وتكثر الخضراء فى الأراضى الحامضية .

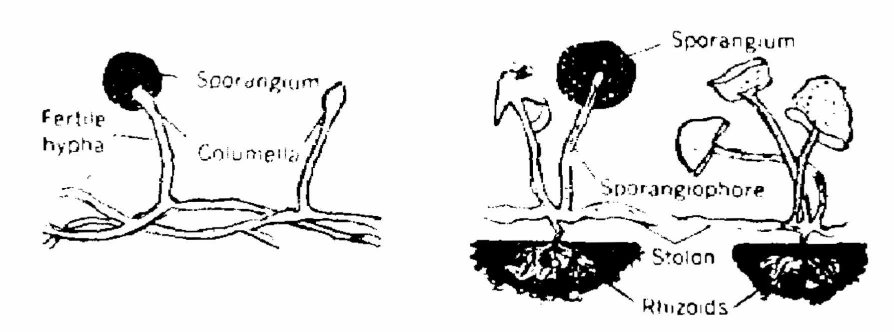
(شكل ٧)
انواع مختلفة من طحالب التربة

٣ ــ الفطريات FUNGI

الفطر مجموعة من الأحياء الدقيقة خالية من الكلورفيل . وهى هامة لأنها تحدث أمراضاً نباتية كثيرة كما أنها تجرى تخمرات صناعية هامة .

والتربة هى مهد أنواع الفطر المختلفة ، وسنذكر تلخيصاً لبعض أنواع الفطر ، حيث يعالج هذا الموضوع بتوسع فى كتب أخرى خاصة وينقسم الفطر إلى الآتى :

١ — **Phycomycetes** — ينتمى إلى هذه المجموعة أنواع فطر ذات ميسليوم غير مقسم تعيش فى التربة عادة — ومن أمثـــلة الأجناس التى تنتمى إليه Rhizopus



(شكل ٨)

الى اليمين Rhizopus والى اليسار Mucor

٢ — **Basidiomycetes** — الميسليوم مقسم . عندما يتكون الزيجوت Zygote تحدث داخله عدة انقسامات للنواة ويعرف بالبازيديوم Basidium . يكبر الزيجوت (بازديوم) ويكون شكله كعصا الطبلة . وفى طرفه يخرج نتوء يعرف بالاسترجما Sterigma فتندفع فيه إحدى النويات المتكونة وعندئذ يتضخم الاسترجما مع تكوين جدار ، يفصل الاسترجما عن البازيديوم وتسمى الخلية الحديثة المتكونة بالبازيديوسبور Basidiospore وهذه تنفصل عن بقية الفطر . وتحمل البازيديوم الناضجة أربعة بازيديوسبور . وعلى هذا الأساس فالبازيديوسبور يتكون خارجيا . أما فى حالة الاسكوسبور Ascospore فإنه يتكون داخليا .

٣ — **Ascomycetes** — الميسلوم مقسم . عندما يتكون الزيجوت تحدث انقسامات فى النواة ويعرف عندئذ بالاسكس، أو الكيس الجرثومى **Ascus** . تنقسم النواة عدة انقسامات ، ثم يغلف كل قسم وما يحيط به من سيتوبلازم بجدار ويعرف بالاسكوسبور Ascospore . عندما ينفجر الاسكس تخرج الاسكوسبور . وتجب ملاحظة أن تكوين الاسكوسبورات داخليا .

يتبع هذه المجموعة جنس بنسليوم Penicillium الذى يسبب فساد كثير من المواكح والفواكه والخضروات ، كما يستعمل فى نضج بعض أنواع الجبن (روكفور)ويتكون الجزء الخضرى من ميسليوم تخرج منه هيفا خاصة تسمى كونيديوفور Conediosphore متفرعة تحمل كونيديا والكونيديا ملونة تعطى نمو الفطر لونه المميز . تتطاير الكونيديا وإذا وقعت على بيئة مناسبة تنبت وتكون مسيليوم .

٤ — **Fungi imperfecti** — (الميسليوم) مقسم . ولم يعرف بعد التكاثر الزواجى لها . وعندما يعرف هذا التكاثر فينقل إلى Basidiomycetes أو Ascomycetes

الخميرة **Yeasts**

هناك بعض أفراد من Fungi imperfecti, Basidiomycetes, Ascomycetes قد فقدت قدرتها على تكوين المرحلة الخضرية للفطر . أى فقدت تكوين المسيليوم وأصبحت وحيدة الخلية . وتنتمى هذه الأفراد إلى القسم المسمى بالخميرة .

وخلية الخميرة النموذجية شكلها كرى أو بيضى تتكاثر بالتبرعم . يكبر البرعم إلى أن يصل حجمه حجم خلية الأم، ويتكون جدار يفصل البرعم عن الخلية الأصلية .



(شكل ٩)
طرق تكاثر الخميرة

والخميرة هامة، ومعظمها لا يعيش فى التربة، وأشهى البيئات إليها هى ما تحتوى على السكريات مثل رحيق الأزهار وسطوح الفواكه . وبعض الأنواع تخمر السكر وتنتج الكحول و ك ا٢ ، وهذه تستعمل فى إنتاج الكحول والبيرة والنبيذ فى الصناعة ، وتستعمل أيضاً فى تخمير العجين . وهذه هى أهم أنواع الخميرة وتسمى Saccharomyces cerevisiae وتتبع الـ Ascomycetes



(شكل ١٠)
الكيس الجرثومى وبه الجراثيم الاسكية

وتتكاثر أنواع الخميرة بالانقسام والتبرعم والتجرثم وفى الخميرة التابعة للـ Basidiomycetes كما يحدث فى جنس Sporobolomyces تتحول الخلية إلى بازيديوم يتبعها تكوين بازيديوفور خارجيا . ويمكن ملاحظة ذلك بتلقيح بيئة فى طبق بترى بالميكروب المذكور ووضعه مقلوبا فى الحامض فنجد أن غطاء الطبق ملىء بالجراثيم أسفل مجموعة الخميرة .

الخميرة الكاذبة Fulse yeasts

تجدر الإشارة إلى الخميرة الكاذبة Torula ، وهى تتبع الفطريات الناقصة Fungi imperfecti وهى تشبه الخميرة الحقيقية إلا أن تكاثرها بالتبرعم فقط ، لا تستعمل فى التخمر الكحولى لأنه ليس لها القدرة على تحويل السكريات إلى كحول ، كما تفعل الخميرة الحقيقية ، ولكنها توجد فى منتجات الألبان مع الخميرة الحقيقية ، ومنها أنواع تستعمل صناعياً فى إنتاج البروتينات والفيتامينات (مجموعة ب) وذلك بتنميتها على بقايا طبخ الخشب المستغل فى صناعة الورق ، والميكروب المستعمل اسمه Torulopsis utilis . ولقد استعمله الألمان على نطاق واسع فى خلال الحرب العظمى الثانية .

٤ — البكتريا

البكتريا أهم الكائنات الحية الدقيقة ، ويتكون الفرد منها من خلية واحدة ، تتكاثر عادة بالانقسام الثنائى البسيط ، ولا تحتوى على كلوروفيل عادة ، وأشكال البكتريا ثلاثة : الكرى والعصوى والحلزونى . البكتريا أكثر الأحياء انتشاراً فى الطبيعة . . .



(شكل ١١)
خلية بكتيرية — لاحظ الفلاجلات

وقد درست أنواع كثيرة من البكتريا ، ووضعت البكتريا المتشابهة فى مجموعات ، ونظمت هذه المجموعات فى شبه نظام يقال له تقسيم .

وأفضل ما وضع فى هذه الناحية تقسيم برجى Bergey (١٩٥٧) وهو شائع الاستعمال فى أمريكا وأوروبا على أنه لم يأخذ شكلا نهائياً حتى الآن فلا يزال تدخل عليه تعديلات كثيرة . والتقسيم الأمريكى هذا مقترح بواسطة لجنة من أعضاء جمعية الميكروبيولوجيين سنة ١٩٢٠ ، وهو مبنى على الصفات المورفولوجية والخواص الفسيولوجية للبكتريا ، ويتبع فى انجلترا أيضا مع إدخال بعض التعديلات عليه .

والتقسيم الأمريكي يحتوى على عشرة فصائل تقسم إلى تحت فصائل ثم إلى عائلات ، وهذه تقسم إلى قبائل والقبيلة تقسم إلى أجناس والجنس يقسم إلى أنواع . وفيما يلى مثال لذلك يبين وضع البكتريا المسماة :

Escherichia Coli

فصيلة	Order	Eubacteriales
تحت فصيلة	Suborder	(none)
عائلة	Family	Enterobacteriaceae
قبيلة	Tribe	Escherichieae
جنس	Genus	Escherichia
نوع	Species	: Escherichia coli

ويتبع فى تسمية البكتريا مايتبع فى تسمية النباتات حيث يتكون الإسم من جزئين ، الأول إسم الجنس والثانى إسم النوع .

وفيمايلى تقسيم البكتريا بفصائلها العشرة والأجناس التابعة لكل فصيلة نقلا عن برجى (١٩٥٧) . يلى ذلك وصف لأهم الأجناس البكتيرية من وجهة الميكروبيولوجيا الزراعية ولقد روعى كتابتها باللغة الإنجليزية لكى يسهل على الطالب معرفة المصطلحات العلمية لكى يتفهم المراجع الأجنبية .

Outline of Bacterial Classification and Characteristics of Selected Genera

I. KEY TO ORDERS OF CLASS SCHIZOMYCETES

I. Cells rigid. Sperical, rod-shaped (straight or curved), or spiral in form. Sometimes in trichomes. Motile by means of polar flagella, or nonmotile.

A. Cells coccoid, straight or curved rods, or spiral in form. Sometimes occur as chains of cells. Cells may contain photosynthetic purple or green pigments. Not in trichomes. Usually motile by means of polar flagella. Occasionally nonmotile.

Order I. **Pseudomonadales**

B. Not as above.

1. Cells in trichomes that are frequently in a sheath. Occasionally motile (swarm spores) or nonmotile conidia are developed. The sheaths may contain a deposit of ferric hydroxide and the trichomes may be attached to a substrate.

Order II. **Chlamydobacteriales**

2. Cells reproduce by a process of budding rather than by ordinary cell division (fission). May be attached to a substrate by a stalk. One genus contains species with photosynthetic pigments **(Rhodomicrobium).**

Order III. **Hyphomicrobiales**

II. Not as above.

A. Cells rigid. Sperical or straight rod-shaped cells. Occur singly, in chains, or in trichomes. Motile by means of peritrichous flagella or nonmotile. Not acid-fast.

1. Cells spherical or rod-shaped, no trichomes, though chains of cells may occur.

Order IV. **Eubacteriales**

2. Cells in trichomes.

Order V. **Caryophanales**

B. Not as above.

1. Cells rigid and may grow out into a branching mycelium-like structure which may even develop chains of aerial conidia, giving colonies a superficial resemblance to mold colonies. In two genera, spores develop within sporangia (sporangiospores), and in one of these genera the spores are motile. Where cells occur singly or in simple branched forms, they are frequently acid-fast.

Order VI. **Actinomycetales**

2. Not as above.

a. Cells rigid, usually large and may occur as coccoid cells or trichomes. Sulfur granules may occur on the surface or within the cells. Move by a gliding, oscillating, or rolling, jerky motion like that of some blue-green algae. No flagella present.

Order VII. **Beggiatoales**

aa. Not as above.

b. Longer or shorter flexous cells.

c. Cells flexous, creeping on a substrate. Frequently pointed at both ends. Fruiting bodies are usually developed from a thin spreading colony (pseudoplasmodium). Slime bacteria.

Order VIII. **Myxobacterales**

cc. Cells in the form of longer or shorter spirals. Swim freely by flexion of cells.

Order IX. **Spirochaetales**

bb. Nonmotile, highly pleomorphic organism of a very delicate character. Possess filterable stages.

Order X. **Mycoplasmatales**

II. OUTLINE OF THE CLASSIFICATION OF BACTERIA
(Class Schizomycetes)

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
	I. Rhodobacterineae	I. Thiorhodaceae		I. Thiosarcina
				II. Thiopedia
				III. Thiocapsa
				IV. Thiodictyon
				V. Thiothece
				VI. Thiocystis
				VII. Lamprocystis
				VIII. Amoebobacter
				IX. Thiopolycoccus
				X. Thiospirillum
				XI. Rhabdomonas
				XII. Rhodothece
				XIII. Chromatium
		II. Athiorhodaceae		I. Rhodopseudomonas
				II. Rhodospirillum
		III. Chlorobacteriaceae		I. Chlorobium
				II. Pelodictyon
				III. Clathrochloris
				IV. Chlorobacterium
				V. Chlorochromatium
				VI. Cylindrogloea

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				VI. Cylindrogloea
				I. Nitrosomonas
				II. Nitrosococcus
				III. Nitrosospira
		I. Nitrobacteraceae		IV. Nitrosocystis
I Pseudomonadales				V. Nitrosogloea
				VI. Nitrobacter
				VII. Nitrocystis
				I. Methanomonas
		II. Methanomonadaceae		II. Hydrogenomonas
				III. Carboxydomonas
				I. Thiobacterium
				II. Macromonas
		III. Thiobacteriaceae		III. Thiovulum
				IV. Thiospira
	II. Pseudomonadineae			V. Thiobacillus
				I. Pseudomonas
				II. Xanthomonas
				III. Acetobacter
				IV. Aeromonas
				V. Photobacterium

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
				VI.Azotomonas
				VII. Zymomonas
				VIII. Protaminobacter
		IV. Pseudomonadaceae		IX. Alginomonas
				X. Mycoplana
				XI. Zoogloea
				XII. Halobacterium
				I. Caulobacter
		V. Caulobacteraceae		II. Gallionella
				III. Siderophacus
				IV. Nevskia
I. Pseudomonadales (Cont.)				I. Siderocapsa
				II. Siderosphaera
				III. Sideronema
				IV. Ferribacterium
		VI. Siderocapsaceae		V. Sideromonas
				VI. Naumanniella
				VII. Ochrobium
				VIII. Siderococcus
				IX. Siderobacter
				-X. Ferrobacillus

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		VII. Spirillaceae		I. Vibrio
				II. Desulfovibrio
				III. Methanobacterium
				IV. Cellvibrio
				V. Cellfalcicula
				VI. Microcyclus
				VII. Spirillum
				VIII. Paraspirillum
				IX. Selenomonas
				X. Myconostoc
II. Chlamydobacteriales		I. Chlamydobacteriaceae		I. Sphaerotilus
				II. Leptothrix
				III. Toxothrix
		II. Peloplocaceae		I. Peloploca
				II. Pelonema
		III. Crenotrichaceae		I. Crenothrix
				II. Phragmidiothrix
				III. Clonothrix
		I. Hyphomicrobiaceae		I. Hyphomicrobium
				II. Rhodomicrobium

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
III. Hyphomicrobiales		II. Pasteuriaceae		I. Pasteuria
				II. Blastocaulis
IV. Eubacteriales		I. Azotobacteraceae		I. Azotobacter
		II. Rhizobiaceae		I. Rhizobium
				II. Agrobacterium
				III. Chromobacterium
		III. Achromobacteraceae		I. Alcaligenes
				II. Achromobacter
				III. Flavobacterium
				IV. Agarbacterium
				V. Beneckea
		IV. Enterobacteriaceae	I. Escherichieae	I. Escherichia
				II. Aerobacter
				III. Klebsiella
				IV. Paracolobactrum
				V. Alginobacter
		IV. Enterobacteriaceae (Cont.)	II. Erwinieae	VI. Erwinia
			III. Serratieae	VII. Serratia
			IV. Proteeae	VIII. Proteus
			V. Salmonelleae	IX. Salmonella
				X. Shigella

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		V. Brucellaceae		I. Pasteurella
				II. Bordetella
				III. Brucella
				IV. Haemophilus
				V. Actinobacillus
				VI. Calymmatobacterium
				VII. Moraxella
				VIII. Noguchia
		VI. Bacteriodaceae		I. Bacteroides
				II. Fusobaterium
				III. Dialister
				IV. Sphaerophorus
				V. Streptobacillus
		VII. Micrococcaceae		I. Micrococcus
				II. Staphylococcus
				III. Gaffkya
				IV. Sarcina
				V. Methanococcus
				VI. Peptococcus
IV. Eubacteriades (Cont.)		VIII. Neisseriaceae		I. Neisseria
				II. Veillonella

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		IX. Brevibacteriaceae		I. Brevibacterium
				II. Kurthia
		X. Lactobacillaceae	I. Streptococceae	I. Diplococcus
				II. Streptococcus
				III. Pediococcus
				IV. Leuconostoc
				V. Peptostreptococcus
			II. Lactobacilleae	I. Lactobacillus
				II. Eubacterium
				III. Catenabacterium
				IV. Ramibacterium
				V. Cillobacterium
		XI. Propionibacteriaceae		I. Propionibacterium
				II. Butyribacterium
				III. Zymobacterium
		XII. Corynebacteriaceae		I. Corynebacterium
				II. Listeria
				III. Erysipelothrix
				IV. Microbacterium
				V. Cellulomonas
				VI. Arthrobacter

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		XIII. Bacillaceae		I. Bacillus II. Clostridium
V. Caryophanales		I. Caryophanaceae		I. Caryophanon II. Lineola III. Simonsiella
		II. Oscillospiraceae		I. Oscillospira
		III. Arthromitaceae		I. Arthromitus II. Coleomitus
VI. Actinomycetales		I. Mycobacteriaceae		I. Mycobacterium II. Mycococcus
		II. Actinomycetaceae		I. Nocardia II. Actinomyces
		III. Streptomycetaceae		I. Streptomyces II. Micromonospora III. Thermo actinomyces
		IV. Actinoplanaceae		I. Actinoplanes II. Streptoporangium
		I. Beggiatoaceae		I. Beggiatoa II. Thiospirillopsis III. Thioploca IV. Thiothrix

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
VII. Beggiatoales				I. Vitreoscilla
		II. Vitreoscillaceae		II. Bactoscilla
				III. Microscilla
		III. Leucotrichaceae		I. Leucothrix
		IV. Achromatiaceae		I. Achromatium
		I. Cytophagaceae		I. Cytophaga
		II. Archangiaceae		I. Archangium
				II. Stelangium
		III. Sorangiaceae		I. Sorangium
				I. Polyangium
VIII. Myxobacterales		IV. Polyangiaceae		II. Synangium
				III. Podangium
				IV. Chondromyces
				I. Myxococcus
		V. Myxococcaceae		II. Chondrococcus
				III. Angiococcus
				IV. Sporocytophaga
				I. Spirochaeta
		I. Spirochaetaceae		II. Saprospira
IX. Spirochaetales				III. Cristispira

Order	Suborder	Family	Tribe	Genus
		II. Treponemataceae		I. Borrelia II. Treponema III. Leptospira
X. Mycoplasmatales		I. Mycoplasmataceae		I. Mycoplasma

A CLASSIFICATION OF SOME BACTERIA

Class Schizomycetes

Eubacteriales :

True bacteria. Gram negative and Gram positive. Simple undifferentiated single cells with rigid cell walls. Some motile with peritrichous flagella. Binary fission. Typical endospore occur.

Pseudomonadales :

Gram negative. Some photosynthetic. Binary fission. Generally motile by polar flagella.

		Genus
Photosynthetic (autotrophic and heterotrophic)		Rhodobacillus Chromatium
Chemosynthetic (Autotrophic)		Nitrobacter Nitrosomonas Thiobacillus
Heterotrophic	Curved and spiral rods	Vibrio Spirillum
	Non-sporing Gram-rods	Pseudomonas Chromobacterium Bacterium Salmonella Shigella Brucella Rhizobium Azotobacter Acetobacter Methanobacterium
	Bacilli that form endospores	Bacillus Clostridium
	Approximately spherical	Micrococous Sarcina Streptococous
	Non-sporing Gram + rod	Lactobacillus Propionibacterium Corynebacterium

II. Actinomycetales (Branching bacteria) :

Except mycobacterium, they form a branching mycelium. Resting stages, if formed are conidia. Gram+ordinarily. Cell wall rigid, no mycelium, acid fast, reproduction. by fission — Mycobacterium

Mycelium not fragmenting	Streptomyces Micromonospora
Mycelium fragmenting	Actinomyces Nocardia

III. Myxobacterales (Slime bacteria) :

Rod shaped. Not rigid cell wall, flexible. Show creeping motility on solid surfaces. Flagella absent. Resting stages, if formed, are microcysts which may be borne in fruiting bodies. Gram —.

Fruiting boides formed	Myxococcus
Fruiting bodies not formed	Sporocytophaga Cytophaga

IV. Chlamydobacteriales (Sheathed bacteria) :

Filamentous, Colourless, alga-like bacteria may or may not have a sheath non-sporeformers. Saprophytes which are found in water. Reproduce by binary fission, conidia or swarm spores.

V. Spirochaetales (Spiral bacteria) :

Spiral. Not rigid cell walls flexible. Resping stages unknown. Gram —. Reproduce by binary fission.

DISTINGUISHING FEATURES OF THE GENERA

PHOTOSYNTHETIC BACTERIA

Contain bacteriochlorophyll uniformly distributed in the protoplasm. Photosynthesis occurs anaerobically and without oxygen production. Spores unknown. Gram —.

(1) **Non-sulphur purple bacteria.** Heterotrophic anaerobes and facultative anaerobes. Example : **Rhodobacillus.**

(2) **Purple sulphur bacteria.** Obligate anaerobes capable of autotrophic life. Example : **Chromatium.**

(3) **Green sulphur bacteria.** Obligate anaerobes which are strictly autotrophic.

CHEMOSYNTHETIC AUTOTROPHIC BACTERIA

(Mainly Gram—.)

Nitrosomonas. Oxidise NH_3 to HNO_2

Nitrobobacter. Oxidise HNO_2 to HNO_3

Thiobacillus. Oxidise S, H_2S and other reduced sulphur compounds to H_2SO_4

HETEROTROPHIC BACTERIA

Curved and spiral rods. (Flagella polar. Gram—.)

Vibrio. Short bent rods.

Spirillum. Rigid spiral rods.

Non-sporing gram-rods

Pseudomonas. Produce soluble pigments which impart a greenish fluorescence to media. Flagella polar. Example : **P. fluorescens.**

Chromobacterium. Produce coloured colonies. Often divided into Serratio (red), Flavobacterium (yellow) and Chromobacterium (violet).

Escherichia & Aerobacter. The coliform organisms. Form acids and gases from glucose, lactose and other sugars. Often split into 2 genera :

Escherichia (V.P.—). Example : **E Coli**

Aerobacter (V.P.+). Example : **A. aerogenes.**

(In the past other groups have been included in the genus Bacterium).

Salmonella. Form acid or acid and gas form glucose. Lactose is not fermented. Intestinal Pathogens of men and animals.

Shigella. The dysentery bacilli. Form acid from sugars, action on lactose is absent or slow.

Brucella. Do not ferment sugars. Pathogenic.

Rhizobium. Root nodule bacteria of the Leguminosae.

Azotobacter. Cells relatively large and ovoid. Assimilate N. Grow on nitrogen-free media containing sugars or other energy sources.

Acetobacter. The acetic acid bacteria. Aerobes which tend to form acids as products of incomplete oxidation. Aciduric.

Methanobacterium. Obligate anaerobes. Oxidise organic compounds by means of CO_2 the CO_2 being reduced to CH_4

Bacilli that form endospores. (Mainly Gram+.)

Bacillus. Aerobes and facultative anaerobes. Species: Proteolytic : **B. Subtilis, B. Mycoides, B. Cereus, B. anthracis.**
Saccharolytic : **B. macerans.**
Urea-Splitting : **B. pasteuri.**

Clostridium. Obligate anaerobes. Species : Saccharolytic : **Cl. Welchii** (perfringens), **Cl. butyricum, Cl. chauvoci, Cl. septicum, Cl. acetebutylicum.** Proteolytic: **Cl. sporogenes, Cl. botulinum.** Slightly proteolytic: **Cl. tetani.** Cellulose-fermenting : **Cl. dissolvens.**

Approximately spherical organisms: the cocci. (Mainly Gram+)

Micrococcus Do not form regular cell groups. Pathogenic species are commonly designated Staphilococcus.

Sarcina. Form cubical bundles of cells.

Streptococcus. Occur in chains of 2 or more cells. Ferment sugars producing lactic acid. There are two main groups : (a) Homofermentative — from gulcose produce lactic acid and only traces of other products. Species :
Pathogenic : **S. pyogenes, S. agalactiae.**
Thermoduric : **S. faecalis, S. liquefaciens, S. thermophilus.**
Milk types : **S. lactis, S. cremoris.**
(b) Heterofermentative — from sugars produce lactic and acetic acids, ethyl alcohol and CO_2 Frequently classified as a separate genus Leuconostoc (or Betacoccus).
Species : **S. Kefir, S. citrovorus.**

Gram — positive bacilli that do not form spores

Lactobacillus. Aciduric. Prefer anaerobic conditions. Fermentation products identical with those of streptococci. Didived into :

(a) Homofermentative and (b) Hetero-fermentative groups.

Examples of (a) : **L. bulgaricus, L. casei, L. plantarum.** (b) : **L. brevis.**

Proprionibacterium. Ferment lactate and sugars forming propionic and acetic acids and CO_2. Prefer anaerobic conditions.

Corynebacterium. Pleomorphic. Frequently stain unevenly. Rods occur attached at acute angles after fission. Aerobes and facultative anaerobes.

ACTINOMYCETALES

Mycobacterium. The acid-fast bacilli. Aerobes.

Streptomyces. (Commonly known as Actinomyces in the past). Multiplication by conidia formed in chains by aerial hyphae. Mycelium not fragmenting.

Micromonospora. Multiplication by conidia borne singly on short conidiophores. Mycelium not fragmenting.

Nocardia. (Proactinomyces). Multiplication by fragmentation of the mycelium. Some types the segments may continue to multiply by binary fission. Conidia not formed. Aerobic.

Actinomyces. As previous but anaerobic or microaerophilic. Parasitic.

MYXOBACTERIALES

Myxococcus. Microcysts formed in dome-shaped fruiting bodies.

Sporocytophaga. Microcysts formed but fruiting bodies absent.

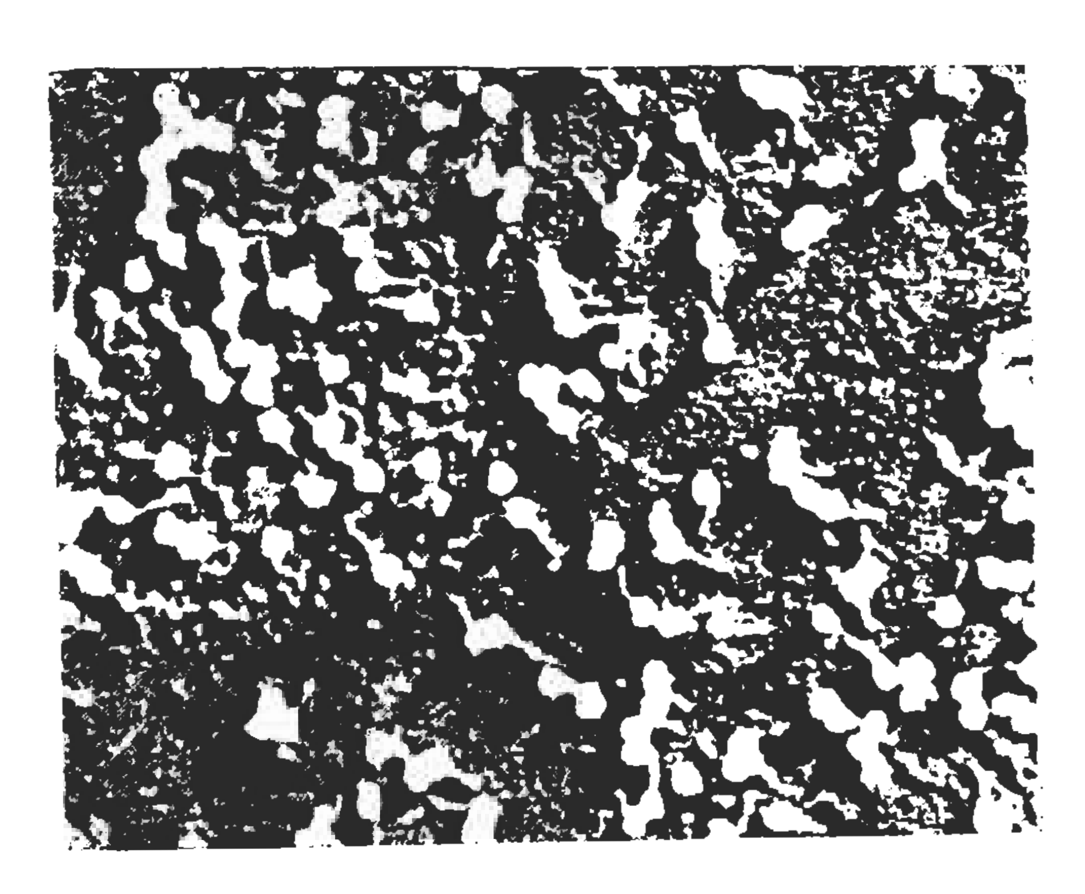
Cytophaga. Neither fruiting bodies nor microcysts formed.

SUPPLEMENT I. — Order Rikettsiales

Small, cylindrical, spheroidal or irregular shaped micro-organisms, not filterable. Gram —ve Parasitic and pathogenic in man and animals. Associated with tissue cells.

SUPPLEMENT II. — Order Virales

The filterable viruses. Ultramicroscopic in size. Filterable. Parasitic and pathogenic for plants, animals, or microorganisms. Multiply or increase in concentration only in presence of susceptible living cells.



شكل ١٢
بكتريوفاج بكتريا القولون

SUBORDER I. — Phagineae

The bacteriophages : parasitic in bacteria.

SUBORDER II. — Phytophagineae

Viruses infecting higher plants.

SUBORDER III. — Zoophagineae

Viruses infecting insects and other animals.

بعض الفصائل الهامة التابعة للبكتريا :

١ — فصيلة Eubacteriales : وتحتوى على أبسط أنواع البكتريا ، وهى منتشرة فى الطبيعة على نطاق واسع ، وتحتوى على أنواع هامة من الوجهة الطبية والزراعية والصناعية ، وهى غير متفرعة عصوية أو كرية أو منحنية ، دور السكون فيها الجراثيم إذا كانت من جنسى Clostridium & Bacillus ، وهى أما سالبة أو موجبة لصبغة جرام .

٢ — فصيلة Actinomycetales : وهى البكتريا الشبيهة بالفطر ولها ميسليوم Mycelium ومجموعها Mycelia متفرع ، طور السكون إذا وجد يكون على هيئة كونيديات ، وهى موجبة لصبغة جرام عادة ، الهيفات غير مقسمة ، وتتكاثر بواسطة الكونيديات أو بتجزئة الهيفات .

وخواصها العامة :

الصبغات : موجبة لصبغة جرام ، والبعض مقاوم للأحماض Acid fast

الخواص المورفولوجية : عصويات متفرعة أو هيفات ولا تكون جراثيم داخلية Endospores .

الحركة : غير متحركة .

أنزيم الكتاليز : تفرز أفراد هذه الفصيلة أنزيم الكتاليز عادة .

المجاميع : متماسكة غير منتظمة ملتصقة تماما بالبيئة — جافة حبيبية .

النمو : تنمو بعد ٢ — ٣ أسبوع على البيئات الصناعية .

تأثيرها على الكربوايدرات : لا تكون أحماض عادة — البعض يحلل السليولوز .

تأثيرها على البروتينات : الكثير منها يهضم البروتينات .

تغذيتها : بعضها أوتوتروفية ولكن بعضها هيتروتروفى ، إذ يحتاج إلى كربون ونتروجين عضوى .

هذا وتستطيع معظم الميكروبات التابعة لهذه الفصيلة أن تحلل كثيراً من المواد العضوية المعقدة التركيب مثل الفينول والكاوتشوك والبرافين، وهذه من مميزاتها ، ولذا فإنها تلعب دوراً هاما فى التربة الزراعية بتحليلها للمواد المعقدة التركيب .

حاجتها للأكسوجين : معظمها هوائى ماعدا عائلة Actinomyces

حاجتها للماء : تحتاج للماء بنسبة قليلة .

الحرارة : بعضها ميزوفيلى والبعض الآخر ثرموفيلى . الكونيديا تقتل بالحرارة على درجة ٦٠ — ٦٥°م لمدة ١٠ — ٣٠ دقيقة .

تتميز عن الفطر بدقة سمك الهيفات التى تتراوح بين ١ — ٥ر١ ميكرون فى السمك، وهذه الخاصية تميزها عن الفطر (عرض هيفا الفطر ٥ ميكرون تقريبا) مع عدم وجود نواة ظاهرة . ويجب أن لا يخطأ بين الحبيبات بالفجوات مع النواة . لايوجد فرق فى الجنس الذى يلاحظ فى الفطريات.

وأهم الأجناس التى تتبع هذه الفصيلة حسب تقسيم برجى الآتى :

(أ) Mycobacterium : ميكروبات هوائية مقاومة للأحماض ، ليس لها ميسليوم ، الخلايا عصوية غير منتظمة قد تكون متفرعة ، وأهم الأنواع التى تنتمى إلى هذا الجنس ميكروب السل Myco. tuberculosis .

(ب) Streptomyces : وتتميز بوجود نوعين من الهيفات ـ الهيفات الملتصقة بالبيئة والهيفات الهوائية ، وهى متفرعة مستقيمة أو حلزونية غير مقسمة ، والجراثيم تسمى كونيديا Conidia . والمجاميع على البيئات الصلبة متماسكة وملتصقة بالبيئة ولها شكل دقيق أو ترابى، تعيش فى الأراضى وتعطى الرائحة الخاصة بالتربة . لا تتكاثر بالتجزئة . بعضها متطفل على النباتات مثل Streptomyces scabies الذى يسبب الجدرى العادى بدرنات البطاطس ، وبعضها يفرز مضادات الحيوية مثل الأستربتوميسين والذى يفرزه الميكروب Steptomyces griseus.

Micromonospora (ج)

يوجد بالأراضى ، وهو قسم غيرهام ويتكاثر بالكونيديات المحمولة مفردة على حامل كونيدى ولا تتكاثر بالتجزئة

(د) Nocardia : لها

ميسليوم يتجزأ إلى خلايا عصوية ، وكل خلية تتكاثر وتكون ميسليوم وهكذا . وفى بعض الأنواع كل جزء ينقسم بالانقسام الثنائى البسيط ، وتسمى أحيانا Proactionomyces .

الكونيديا لا تتكون بتاتا ، هوائى ، توجد بالتربة ، مقاومة للأحماض من حيث الصبغة ؛ بعضها يتطفل فى المناطق الحارة ، ومنها مايصيب عارى الأرجل ؛ ويسببه ميكروب Nocardia madura

(هـ) Actinomyces

وهو يشبه Nocardia ولكنه ينمو نمواً غير هوائى أو محب للنمو فى الوسط الغير هوائى وهو متطفل ومنها ما يسبب تورم الفك Lumpy jaw ويسببه ميكروب Actinomyces bovis ويخرج الميكروب مع الصديد على هيئة حبيبات Granules



(شكل ١٣)
Streptomyces griseus
a, b, c اجزاء من الهيفا الهوائية
d, f جراثيم ثابتة مكونة من انبوبة انبات واحدة او اثنين

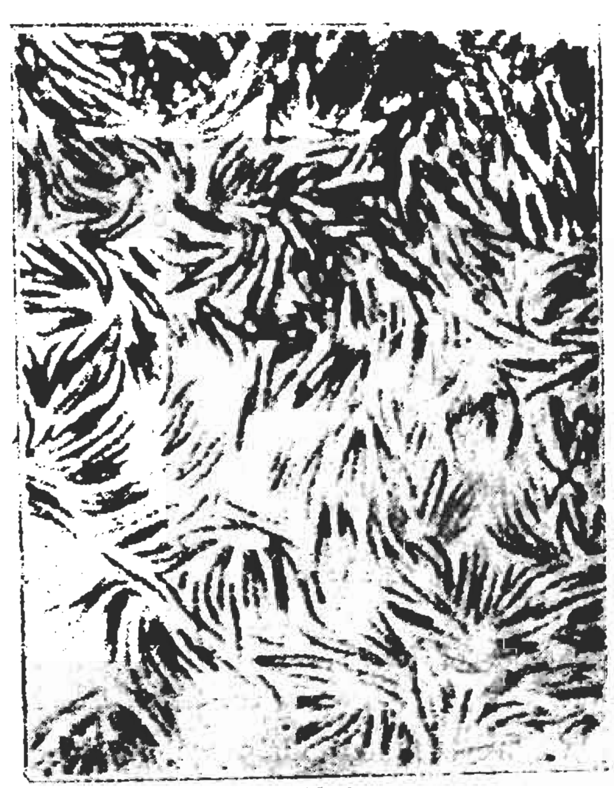


(شكل ١٤)
Micromonospora
الكونيديا الواحدة محمولة على حامل كونيدى

٣ — فصيلة The Myxobacteriales "Slime bacteria"

الخلايا عصوية تتكاثر بالإنقسام الثنائى وتشبه فى ذلك الـ Eubacteriales إنما تميز عن الأخيرة بصفتين : الأولى الحركة الإنزلاقية حيث أنها لا تملك فلاجلات، والثانية مرونة جدر الخلايا . كما أن الخلايا تفرز مادة لزجة تستعملها فى الحركة ، كثير من الأجناس تكون خلايا كرية أو بيضية تعرف بالحويصلات Microcysts وذلك بانكماش وإستدارة الخلايا العصوية وهذا هو دور السكون وللمكسوبكتريالس القدرة على تكوين الأجسام الثمرية Fruiting bodies or cysts وهـــذه يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتتكون داخلها أو عليها الحويصلات ، وتتكون الأجسام الثمرية من تجمع آلاف من الخلايا الخضرية على شكل أكوام فى موضع من المجموعة البكتيرية، وفى جنس Myxococcus يتكون الجسم الثمرى من الخلايا العصوية المتجمعة التى تتحول إلى Microcysts فتكون قطرة صغيرة لامعة ملونة بلون واضح قطرها ١ مم .

وفى جنس Chondromyces يظهر الجسم الثمرى على هيئة شجرة صغيرة يتكون ساقها وفروعها من المادة اللزجة الجامدة مخلوطة بالخلايا الخضرية وفى نهاية الفروع توجد حويصلات كبيرة قطرها ٢٠ — ٥٠ μ تحتوى كل منها على آلاف من الحويصلات .



شكل ١٥

اسيتوفاجا — تحلل السليلوز هوائيا

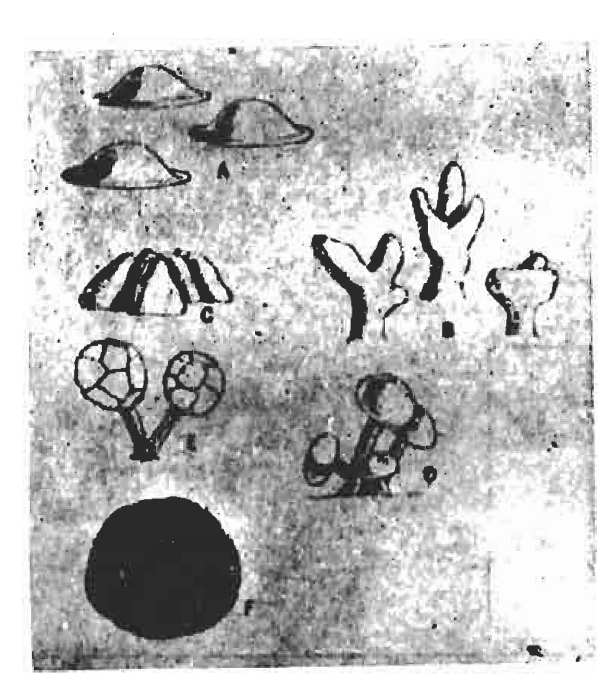
وليس كل ال Myxobacteriales قادرة على إنتاج الأجسام الثمرية مثل السيتوفاجا Cytophaga .

وال Myxobacteriales من الأنواع التى تعيش على المواد الميتة Saprophytes وتوجد أصلا فى التربة . والسيتوفاجا نشيطة جداً فى تحليل السليولوز تحت شروط هوائية . ومعظم Myxobact. التى تكون أجزاء ثمرية لا تقدر على تحلل السليولوز .

(شكل ١٦) الميكسو بكتريا
A خلايا خضرية الميكسوبكتريا تتحرك على الأجسام الصلبة
B تحول الخلايا الخضرية الى ميكروسست

والاحتياجات الغذائية لهذه المجموعة غير معروفة . والمعروف أنها تنمو بسهولة فى السماد البلدى . ويمكن عزلها بتعقيم جزء من سماد الاسطبل وينثر على تربة مرطبة بقليل من الماء وبعد أسبوع أبحث فى أجزاء السماد عن هذه الميكروبات فتجد الأجسام الثمرية .

والمعروف أن كثيراً من أنواع ال Myxobact. قادرة على إذابة كثير من البكتريا الحقيقية والفطر . ولذا يمكن تنميتها فى المعمل على مزارع بكتريا ، والظاهر أن نموها على



شكل ١٧
اشكال مختلفة لاجسام ثمرية فى الميكسوبكتريا

على السماد البلدى راجع إلى إحتوائه على نسبة كبيرة من البكتريا .

وأهم الأجناس التى تتبع هذه الفصيلة الآتى :

١ — ميكسوكوكس Myxococcus تكون الأجسام الثمرية التى يوجد بداخلها الميكروسست .

٢ — اسبوروسيتوفاجا Sporocytophaga تكون الميكروسست، ولكن لا تتكون أجسام ثمرية .

٣ — السيتوفاجا Cytophaga لا تكون أجسام ثمرية ولا ميكروسست .

الفرق بين البكتريا والفطريات

تختلف البكتريا عن الفطر من حيث بعض عوامل البيئة المذكورة بعد فى الآتى :

١ — الرطوبة :

تنمو الفطريات فى الوسط الجاف عن البكتريا لأن الأولى دائما غير مائية ولكن الخيرة تشبه البكتريا فى أنها تحتاج إلى وسط أكثر رطوبة، ولا بد من توفر الرطوبة اللازمة حتى تنمو البكتريا بنجاح .

٢ — كل الفطريات هتروتروفية بينما البكتريا بعضها أوتوتروفية والبعض الآخر هتروتروفيه .

٣ — الحاجة إلى الأكسجين :

كل الفطريات هوائية حتما أى لا تنمو إلا فى وجود الأكسوجين، بينما تنمو البكتريا فى الظروف الهوائية وبعضها تنمو فى الظروف اللاهوائية . والبعض الآخر يستطيع أن ينمو فى كلتا الحالتين (لا هوائى اختيارى)

وتستطيع الخميرة أن تنمو فى الظروف اللاهوائية . ويستفاد من ذلك فى عملية التخمر الكحولى .

٤ — الحموضة : (الرقم الأيدروجينى pH)

الفطريات تحتاج إلى وسط حامضى لنموها ، ويمكنها أن تتحمل حموضة مرتفعة . فمثلا قليل من البكتريا يمكنه أن يتحمل درجة pH ٤ بينما معظم الفطريات وكذا الخميرة تستطيع أن تعيش بنجاح فى هذا الوسط . والبيئة المناسبة لنمو الفطريات يتراوح الرقم الأيدروجينى pH من (٤ إلى ٤,٥) بينما هذه الحموضة لا تناسب معظم البكتريا ، وبذلك يمكن إيقاف نمو الأخيرة بالتحكم فى البيئة، وتسمى البيئة فى هذه الحالة بيئة منتقية Selective medium بينما البيئة التى تميل إلى القلوية تناسب نمو البكتريا

٥ — النانجات النهائية لتحليل المواد :

معظم الفطريات تحول المواد الغذائية إلى ك ا٢ ، يد٢ ا ، ولكن بعض الفطريات (الخميرة) إذا وجدت فى جو نسبة الأكسجين به قليلة فانها تنتج الكحول . ولكن إذا توافر الأكسوجين فان الكحول يتأكسد إلى ك ا٢ + يد٢ ا . يمكن للفطريات أن تحلل البروتينات Proteolytic حتى فى الوسط الحامضى وهذه تختلف عن البكتريا التى تحتاج إلى وسط يميل إلى القلوية .

الباب الثالث

تركيب التربة الزراعية

التربة الزراعية بيئة معقدة التركيب وتتركب من الآتى :

١ — الحبيبات المعدنية : Mineral particles

تتكون من حبيبات الرمــــل والطين والسلت Silt وتختلف فى حجومها . وتتميز الأراضى بعضها عن بعض حسب نسبة الحبيبات المختلفة بها ،وفيما يلى جدول رقم (١) يبين نسبة الحبيبات المختلفة فى الأراضى الرملية والطينية ، وهذا التقسيم متبع فى وزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية (Waksman & Starky) .

جدول (١)
تقسيم التربة الزراعية على أساس حجم حبيباتها

الجزئيات	الحجم بالملليمترات	تربة رملية ٪	تربة طينية ٪
Fine gravel	١,٠٠ — ٢,٠٠	١	١
Coarse Sand	٠,٥٠ — ١,٠٠	٢	٢
Medium Sand	,٢٥ — ,٥٠	٣	٢
Fine Sand	٠,١ — ,٢٥	٢٢	٦
Very Fine Sand	,٠٥ — ,١٠	٣٥	١١
Silt	,٠٠٥ — ,٠٥	٢٤	٤١
Clay	أقل من ,٠٠٥	١٣	٣٧

٢ — المواد العضوية :

وهذه تتضمن سيقان وأوراق النباتات والجذور والحشرات الميتة وبقايا الحيوانات والأسمدة العضوية ، بعضها تحلل وبعضها فى طريقه للتحلل وأخرى لم تتحلل بعد ويطلق على المواد العضوية المتحللة إسم الدوبال "humus" .

٣ — الكائنات الحية وخاصة الميكروبات :

وهى جذور النباتات الراقية والحيوانات التى تبدأ من البروتوزوا إلى الحشرات إلى ديدان الأرض ، ثم النباتات الدنيئة مثل الطحالب والفطريات والأكتينوميسس والبكتريا .

٤ — المـــاء :

يوجد الماء فى صورة غشاء حول الحبيبات كما يوجد الماء الهيجروسكوبى hygroscopic . ويحتوى المـاء عادة على الأمـــلاح المعدنية والمواد العضوية الذائبة .

٥ — الغـــازات :

وتشمل الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون والنتروجين وهى أهم الغازات الموجودة فى التربة وقد توجد غازات أخرى أقل أهمية مثل الميثان وغيرها .

الدوبال

عند ترك بقايا النباتات والحيوانات فى التربة الزراعيةفإن الميكروبات مثل البكتريا والأكتيوميسيس والبروتوزوا والفطريات والديدان تبدأ فى تحليلها .

ونتيجة لذلك يتحول بعضها إلى غازات والبعض الآخر يبنى فى خلايا هذه الميكروبات Microbial cell substance ومايتبقى فى النهاية هو عبارة عن مادة سوداء متجانسة تسمى الدوبال .

وتختلف درجة تكوين الدوبال وكميته باختلاف التركيب الكيماوى والطبيعى للمواد المتحللة ونوع التربة وأنواع الميكروبات التى بها والعوامل الأخرى ، مثل الحرارة والرطوبة والتهوية والحموضة أو القلوية فى التربة .

ولقد تمكن Forsyth من فصل الدوبال إلى أربعة أجزاء :

١ — الجزء الأول : ويوجد بكمية قليلة ويحتوى على مواد عضوية قابلة للذوبان فى الماء مثل السكريات والأحماض الأمينية .

٢ — جزء يحتوى على فينيل الجليكوزيدات والتنينات

٣ — مشتقات من حامض الجلوكورنيك glucuronic تحتوى على جلوكوز — زيلوز — رمنوز — والظاهر أن مصدر هذا الجزء الميكروبات وليست التربة

٤ — جزء غنى بالنتروجين ويحتوى على بنتوزات وفوسفات عضوى .

كما أن بعض العلماء أمكنهم تقسيم الدوبال إلى مركبات باستعمال المذيبات كالآتى (عن كومبر) :

قابل للذوبان فى المحلول القلوى (٧٥٪) ، غير قابل للذوبان فى المحلول القلوى (٢٥٪)

لا يرسب بالاحماض ٤٠٪ — يرسب بالاحماض ٣٥٪

يذوب فى الكحول ٢٠٪ — لا يذوب فى الكحول ١٥٪

يذوب فى Pyridine — لا يذوب فى Pyridine

ولقد وجد أن طن واحد من المواد العضوية (وزن جاف) إذا حرث فى الأرض فانه يعطى بعد حوالى ١٠ ـ ٢٠ يوما حوالى ١٠٠٠ ـ ١٢٠٠ رطل، تحتوى على سليولوز وبنتوز ودهون ولجنين وشموع وكمية كبيرة من المواد الممثله الثانوية الناتجة عن نشاط الميكروبات ، وكل المواد البروتينية تختفى وينتج عنها بروتين ميكروبى وأمونيا ونترات .

أنواع الدوبال :

توجد أنواع مختلفة من الدوبال تسمى بالنسبة للأرض الناتجة منه ، فمثلا دوبال الأراضى الزراعية وهذا ينتج من تحلل بقايا النباتات وجذورها وأوراقها المتساقطة فى الأراضى الزراعية ، وبالمثل دوبال الحدائق ودوبال أراضى المراعى ودوبال الغابات وغيرها .

بعض النباتات قد تتحلل سريعا فى التربة الزراعية تاركة قليلا جداً من الدوبال ، والبعض الآخر يتحلل ببطء تاركا كمية كبيرة من الدوبال . وهذا طبعا يتوقف على نوع النبات وعمره وكذا على نوع الأرض وخواصها الطبيعية والكيماوية كحجم الحبيبات . فتتحلل المـــواد العضوية بسرعة فى الأراضى الرملية والجيرية . والعكس يحدث فى الأراضى الثقيلة ، وكذا درجة الحموضة ، والمواد المغذية بالتربة ونوع الميكروبات المحللة ، كذا وجود العناصر المعدنية الأخرى اللازمة لهذه الميكروبات .

كذلك يتوقف تكوين الدوبال على الدورة الزراعية وإستعمال الأسمدة المعدنية والأسمدة العضوية وكذا الخضراء (كالبرسيم القلب) والأسمدة الناتجة من روث الحيوانات وكذا الحيوانات الموجودة فى الحقل . كذلك يلعب الطقس دوراً هاما فى تحليل المواد العضوية وبالتالى فى كمية الدوبال الذى يتراكم بالتربة ، فقد يوجد الدوبال فى بعض الجهات بنسبة كبيرة جداً ، ومن أمثلة ذلك الأراضى الحامضية فى المناطق الباردة (كأراضى الغابات) فتسمى

هذه التربة دوبالية Peaty Soil . وتجدر الإشارة إلى أن مثل هذه المناطق قد تحول الدوبال فيها إلى فحم فى العصور الغابرة ، إلا أن هذا لا يوجد فى الجهات الحارة حيث تتحلل المواد الدوبالية بسرعة عظيمة فلا يمكن أن تتراكم فى التربة بنسبة عالية .

تختلف عادة نسبة الدوبال بالتربة على حسب الظروف المحيطة ، فقد تقل عن ١ ٪ وقد تزيد عن ٢٠ ٪ . وتعتبر التربة فقيرة فى الدوبال إذا إحتوت على أقل من ١ ٪ فى التربة الرملية ، ٢ ٪ فى التربة الطينية . كما يقال أنها غنية فى الدوبال إذا إحتوت التربة الرملية على ٤ — ٨ ٪ دوبال والثقيلة على ٥ — ١٠ ٪ ، كما تسمى دوبالية إذا إحتوت على ١٥ — ٢٠ ٪ فى التربة الرملية والطينية على التوالى .

الدوبال هو الناتج النهائى لعملية التحلل لبقايا النباتات والحيوانات ، وهذا ليس معناه أن الدوبال يقاوم التحلل بل أن التحلل يحدث ولكن ببطء . ومما تجدر الإشارة إليه أن تحلله هذا أبطأ بكثير من تحلل المادة العضوية النباتية أو الحيوانية المتكون منها ، لذلك يمكن القول أن الدوبال هو عبارة عن مادة عضوية طبيعية فى حالة تحلل وتكوين مستمر dynamic equilibrium

وتكوين الدوبال يختلف باختلاف المواد المتكون منها ، وحيث أنه يتكون من تحلل هذه المواد السابق ذكرها (بقايا نباتية ـ حيوانية ـ ميكروبية) بفعل الميكروبات ، لذلك يختلف تركيبه بإختلاف أنواع الميكروبات الموجودة فى التربة الزراعية والمحللة للمواد العضوية المتكون منها الدوبال ، وكذلك الظروف الطبيعية المتكون تحتها ، فمثلا التركيب الكيماوى للدوبال الناتج عن الأراضى القلوية يختلف عنه فى الأراضى الحامضية ، وكذا الناتج عن أراضى الغابات يختلف عن الناتج من الأراضى الزراعية ، وكذا المتكون فى البحار يختلف عن المتكون فى الأنهار ذات المياه العذبة .

خواص الدوبال ووظيفته :

الدوبال مادة ذات لون بنى غامق أو أسمر ، غير قابلة للذوبان فى الماء ولو أن بعضا منها يكون محلولا غرويا فى الماء النقى ، ويذوب فى السوائل القلوية وخاصة بالغليان ليكون محلولا داكن اللون ، ولكن يترسب بإضافة الأحماض المعدنية .

تركيبه الكيماوى :

يحتوى الدوبال على نسبة من الكربون أكبر منه فى النباتات أو الحيوانات أو الميكروبات ، وعادة يحتوى على حوالى ٥٥ — ٦٠ ٪ بمتوسط ٥٨ ٪ ، ويحتوى الدوبال على كمية كبيرة من النتروجين من ٣ - ٦ ٪ ، وقد يكون أقل أو أعلى فى بعض الأحيان ، ونسبة الكربون إلى النتروجين تقرب من ١٠ : ١ غالبا . ولكنها تتوقف على حسب طبيعة تكوين الدوبال (إذا كان دوبال الأراضى الزراعية أو الغابات . . . الخ) وطور تكوينه وطبيعة وعمق التربة المأخوذ منها وغيرها . .

وتركيب الدوبال الكيماوى ليس ثابتا بل يتغير باستمرار not static but dynamic لأنه يتكون باستمرار من بقايا النباتات والحيوانات والميكروبات التى هى فى تحلل مستمر . ويستعمل الدوبال كمصدر للطاقة للميكروبات الموجودة بالتربة الزراعية ونتيجة لتحلله باستمرار يتكون $ك\,أ_٢$ ، وأمونيا . وللدوبال القدرة الكبيرة على تبادل القواعد وعلى الاتحاد بالمواد المعدنية الموجودة بالتربة . ويعتبر الدوبال مادة مستديمة ، يستمد منها النبات باستمرار الغذاء عن طريق تحلله بالميكروبات ، وكذا يتحكم الدوبال فى عدد ونوع الميكروبات الموجودة بالتربة ، كذا نشاطها ، إذ يمدها بالمواد العضوية والغير عضوية اللازمة لها ، وإذا وجد بكثرة فى التربة الزراعية يدل ذلك

على أن التربة خصبة لأنه المخزن الذى يستمد منه النباتات حاجتها من العناصر مثل : فو ، كا ، مغ ، كب ، ح ، من ، وغيرها من المعادن كذلك قابلية هذه العناصر للامتصاص تتوقف على التفاعلات التى تحدث بينها و بين المواد غير عضوية بالتربة، كذا خواصه الغروية وخواصه التنظيمية وامتصاصه للمواد الضارة التى تؤثر فى نمو النباتات ، وكذا إمداد النباتات بالعناصر النادرة وتأثيره على تركيب التربة والسعة المائية واحتفاظ التربة بالحرارة .

ووظائف الدوبال فى التربة الزراعية تتلخص فى الآتى :

١ — طبيعية :

يؤثر الدوبال فى لون وقوام وتركيب التربة وكذا على قدرة الأرض على الاحتفاظ بالرطوبة والانتفاخ والسعة الحرارية .

٢ — كيماوية :

(ا) يتفاعل الدوبال مع معادن التربة ويتحد معها ويبقى مدداً للنبات فى غذائه .

(ب) يذيب الدوبال بعض المعادن غير القابلة للذوبان ويجعلها صالحة لتغذية النبات .

(جـ) نتيجة لتحلل الدوبال يتكون الأزوت، وهذا غذاء للنبات، ويتكون أيضا ك ا٢ الذى يساعد على إذابة بعض العناصر الغير ذائبة ، كما يزيد فى قدرة الأرض التنظمية Buffering capasity .

٣ — بيولوجية :

(ا) الدوبال غذاء لميكروبات التربة ومصدر لطاقتها فيزيد فى خصوبة التربة .

(ب) الدوبال ينشط العمليات الحيوية بالتربة فيزيد أيضا فى خصوبتها .

الكائنات الحية فى التربة وخاصة الميكروبات

إن دراسة ماتحتويه التربة من الميكروبات تقدمت تقدما سريعاً فى الخمسين سنة الماضية . وقد اهتم باحثون بعدد الميكروبات الموجودة بالتربة ، واهتم البعض الآخر بنوع هذه الميكروبات، واهتم آخرون بالدور الذى تلعبه هذه الأنواع فى التربة .

وعادة تستعمل طريقة العد بالأطباق Plate count لعد البكتريا فى التربة الزراعية باستعمال الآجار المغذى أو الآجار المحتوى على مستخلص التربة الزراعية أو الجلاتين المغذى ، وهذا كله يعطينا فكرة عامة عما تحتويه التربة من عدد هذه الميكروبات وكذا الأنواع الموجودة بها .

ولكن هذه الطريقة ولو أنها معتمدة من الهيئات العلمية إلا أن لها عيوبا فمثلا : استعمال البيئة الصناعية المذكورة تنمى أنواع مخصوصة من البكتريا بينما لا تقوى ميكروبات أخرى على النمو مثل البكتريا اللاهوائية التى لن تنمو على الأطباق إلا إذا حفظت تحت الشروط الغير هوائية ، كذا الميكروبات الأوتوتروفية لن تنمو إذا استعملت بيئات تحتوى على كربون ونيتروجين عضوى ، كذلك لحموضة البيئة أثر كبير فى عزل الميكروبات ، فمثلا البيئة الحامضية تعزل الفطريات ، بينما البيئة التى تميل إلى القلوية تعزل البكتريا .

وتستعمل أيضاً طريقة العد المباشر بالميكروسكوب
Direct microscopic count

وتتلخص فى صبغ كمية معلومة من معلق التربة على مساحة معلومة فوق شريحة زجاجية ثم عد البكتريا فى عدة حقول ميكروسكوبية ، وبطريقة حسابية تستطيع أن توجد عدد الميكروبات فى الجرام الواحد من التربة

وعيب هذه الطريقة أنها صعبة الإجراء ولايستطيع القيام بها غير المتمرنين لأنه يلتبس أحيانا فى التمييز بين حبيبات التربة والميكروبات .

تستعمل أيضا طريقة لصق الشريحة بالتربة Contact Slide وذلك بأن تغرس شريحة زجاجية نظيفة فى التربة وترك مدة ، وبعد ذلك تصبغ . وهذه الطريقة مفيدة إذ أنها تعطينا فكرة عن نوع الميكروبات وتوزيعها فى التربة

وتفضل الطريقة الأولى وهى طريقة الأطباق فى تقدير عدد البكتريا وحصر الأنواع الموجودة وبميزاتها لأنها تعطينا فكرة عن عدد الميكروبات الحية التى يمكن عزلها لدراسة أنواعها .

ولقياس نشاط الميكروبات فى التربة يضاف قليل من التربة إلى محلول يحتوى على بيتون أو سليولوز أو أملاح الأمونيا أو النيترات . ألخ . وتحفظ على درجة حرارة معلومة وتحلل هذه المحاليل كيماويا لمعرفة ما تم فى تحللها وهذه الطريقة تسمى Solution method وقد حلت محلها طريقة Soil Method وفيها تضاف كمية معلومة من مادة ما وكمية من التربة معلوم وزنها وتعدل الرطوبة إلى الدرجة المثلى وتحفظ على درجة حرارة معينة أو معلومة ثم تحلل كيماويا بعد ذلك وتسمى هذه الطريقة Beaker or Tumbler method

ما تحتويه التربة من ميكروبات

Occurence of specific Microorganisms in the Soil

قسم العالم فنوجرادسكى Winogradsky الميكروبات التى توجد بالتربة إلى قسمين كبيرين :

١ — ميكروبات تعيش بالتربة باستمرار — ولكل نوع من التربة ميكروبات خاصه بها وسمى هذا القسم Autochthonous أى Native ، فالأراضى الحامضية مثلا لها ميكروبات خاصة تعيش بها باستمرار ، وهذه تختلف عن الأراضى القلوية فى أنواعها وصفاتها . . ألخ .

جدول (٢)
عدد الميكروبات فى الجرام الواحد من التربة (وزن جاف) مقدرا بطريقة الميكروسكوب المباشرة (عن رتشارد)

نوع التربة	العمق	عدد البكتريا: كروية	عصوية	ازوتوبكتر	عدد الفطريات
أراضى غابات	سطحى	١,٣٧٩,٠٠٠,٠٠٠	١,٢١٢,٠٠٠,٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠	٤٧,٠٠٠,٠٠٠
	١٠ سم	٩٩١,٠٠٠,٠٠٠	٤٦٦,٠٠٠,٠٠٠	٣١,٠٠٠,٠٠٠	٣٤,٠٠٠,٠٠٠
	٢٠ سم	٢٨١,٠٠٠,٠٠٠	١٦٩,٠٠٠,٠٠٠	—	٧,٠٠٠,٠٠٠
Brown Loam	سطحى	٨٧٠,٠٠٠,٠٠٠	٣٧٦,٠٠٠,٠٠٠	٨٤,٠٠٠,٠٠٠	٥,٠٠٠,٠٠٠
	١٠ سم	٥٦٩,٠٠٠,٠٠٠	١٠٦,٠٠٠,٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠	٣,٠٠٠,٠٠٠
Sandy Soil تربة رملية	سطحى	٥١٩,٠٠٠,٠٠٠	١٩٢,٠٠٠,٠٠٠	٧٩,٠٠٠,٠٠٠	٣,٠٠٠,٠٠٠
	١٠ سم	٤٠٧,٠٠٠,٠٠٠	١٥٣,٠٠٠,٠٠٠	٢٣,٠٠٠,٠٠٠	١٩,٠٠٠,٠٠٠
	٢٠ سم	٢٦٩,٠٠٠,٠٠٠	١٣٩,٠٠٠,٠٠٠	٨,٠٠٠,٠٠٠	٣,٠٠٠,٠٠٠

جدول (٣)

عدد البكتريا بالجرام الواحد مقدرا بطريقة العد بالاطباق

نوع البكتريا	تربة الحديقة	تربة حقل	تربة الغابات المتساقطة الأوراق	
عدد البكتريا النامية على الأطباق عند استعمال الجلاتين المغذى كبيئة لنموها .	٨,١١٦,٠٠٠	١٠,٦٤٠,٠٠٠	١,٤٤٢,٠٠٠	١,٠١٠,٠٠٠
عدد البكتريا اللاهوائية	٦٢٢,٠٠٠	٨٢٠,٠٠٠	٤٤,٠٢٠	٨٠,٢٠٠
عدد البكتريا الهوائية المثبتة لأزوت الهواء الجوى	٢,٦٢٠	٦,٠٤٠	—	—
عدد البكتريا اللاهوائية المثبتة لأزوت الهواء الجوى	٨,٢٠٠	٤,٤٢٠	٤٦٠	٤٤٠
عدد بكتريا التأزت	٢,٦٢٠	٢,٢٠١	٢٠٠٠	٢٠٢٠
عدد البكتريا اللاهوائية المحللة للسيلولوز	٤٠١	٤٢٠	١	١

٢ — ميكروبات تنمو فقط تحت ظروف خاصة — كأن تعامل التربة بالأسمدة العضوية أوالأسمدة الخضراء أوأسمدة معدنية ، وقد تشجع العمليات الزراعية مثل الحرث والعزق (التهوية) على نموها ، وتسمى هـــذه الميكروبات Zymogenic .

وإلى هذين القسمين اقترح وكسمان إضافة قسم ثالث وهو :

٣ — الميكروبات التى تجد طريقها إلى التربة بواسطة التلقيح Transient microbes — مثل ميكروبات العقد الجذرية والأزوتوباكتر وغيرها ، أو تلك الميكروبات التى تجد طريقها إلى التربة تلقائيا كالتى تأتى عن طريق روث الحيوانات أو عن طريق البذور الملوثة بالميكربات المرضية وهذه قد تموت بسرعة أو قد تعيش بالتربة لمدد مختلفة وذلك فى حالة وجود العائل المناسب سواء أكان نبات أو حيوان .

ولدراسة هذه الميكروبات عموما ، تعزل فى هيئة مزارع نقية ، ثم تدرس خواصها المورفولوجية والفسيولوجية ، ولهذا فعزلها فى مزارع نقية من الأهمية بمكان . فيمكن دراسة الفطريات والأكتينومسيس والبكتريا الهتروتروفية بعزلها فى مزارع نقية بطريقة الأطباق المصبوبة أو المخطوطة . إلا أن بعض الميكروبات يتطلب عزلها طرق خاصة ومهارة فائقة وجهد كبير ، مثال ذلك البكتريا الأوتوتروفية ومعظم البروتوزوا وبعض أنواع من الفطريات . وتستعمل عادة عدة مراجع خاصة للتعرف على أنواع البكتريا مثل Bergy's manual وكتاب Waksman's actinomycetes وكتاب Gilman's Soil fungi

وفيما يلى أهم الأحياء الدقيقة التى تحتويها التربة :

١ — البكتريا : Bacteria

وتشمل الميكروبات المتجرثمة وغير المتجرثمة والكرية والمنحنية (شكل حرف و) والحلزونية الهوائية واللاهوائية واللاهوائية اختياريا والأوتوتروفية والهتروتروفية. ويختلف عددها باختلاف التربةو خصوبتها

وعادة يتراوح ذلك بين ١ — ١٠٠ مليون ميكروب فى الجرام الواحد عند العد بطريقة الأطباق، وإذا حسب ذلك الرقم فإنه يساوى عشر حجم الجرام، لذلك لا نكون مبالغين إذا اسمينا التربة بالأرض الحية . وعند العد بطريقة الميكروسكوب المباشرة فإن العدد يزداد زيادة كبيرة قد تصل أحيانا إلى ٢٠٠٠ مليون ميكروب فى الجرام الواحد .

والميكروبات غير المتجرثمة توجد بكميات كبيرة، أما المتجرثمة فهى تكون من ٥ - ١٠ ٪ من المجموع الكلى للميكروبات . وجنس Corynebacterium وهى عصويات موجبة لصبغة جرام توجد بكميات كبيرة فى التربة الزراعية.

وجد بعض الباحثين النسب الآتية من البكتريا بالتربة :

نوع البكتريا	النسبه فى المائه
بكتريا كروية Cocci	٢ — ٨
بكتريا عصوية سالبة لصبغة جرام	١٣ — ٥١
بكتريا عصوية ± لصبغة جرام	١٥ — ٥٣
بكتريا متجرثمة	٦ — ١٠
ميكروبات أخرى	نسبة ضئيلة

ولقد درس لوخهد lochhead تغذية ميكروبات التربة ووجد اختلافا بينا بينها ، فالبعض بسيط التغذية يحتاج إلى أملاح معدنية ومواد عضوية بسيطة ، بينما الكثير منها معقد التغذية ، فيحتاج إلى فيتامينات وأحماض أمينية، كما أن البعض الآخر يحتاج إلى عوامل نمو ما زالت مجهولة، وهذه توجد عادة بمستخلص الخميرة وكذا بمستخلص التربة .

وفيما يلى أعداد بعض مجاميع البكتريا وكذا أعداد البكتريا عند تغيير الرطوبة .

جدول (٤)

عدد البكترياذات الخواص الفسيولوجية المتشابهه فى التربة
العدد مقدار فى الجرام / وزن جاف

مجاميع البكتريا	تحليل Stormer	تحليل löhis
البكتريا المحللة للبيتون	٣,٧٥٠,٠٠٠	٤,٣٧٥,٠٠٠
البكتريا المحللة لليوريا	٥٠,٠٠٠	٥٠,٠٠٠
بكتريا التأزت	٧,٠٠٠	٥,٠٠٠
بكتريا عكس التأزت	٥٠,٠٠٠	٥٠,٠٠٠
بكتريا تثبت الأزوت الجوى	٢٥	٣٨٨

جدول (٥)

تأثير نسبة الرطوبة بالتربة على عدد البكتريا
عدد البكتريا مقدراً فى الجرام الواحد وزن جاف ومحسوباً بالآلاف

كمية الرطوبه ٪	السعة المائية Holding capasity of Moisture %	عدد البكتريا	العدد النسبى Relative Number %
٦,٥	٣٠	٩٩٨٠	٣٣
١٠,٩	٥٠	١١,٨٩٠	٤٠
١٤,١	٦٥	١٦,٤١٠	٥٥
١٧,٤	٨٠	٢٩,٩٦٠	١٠٠
٢١,٧	١٠٠	٢٥,٢٨٠	٨٤

٢ — الاكتينومايستالس : Actinomycetales

وتوجد فى التربة بنسبة عالية وتشمل الأجناس المهمة الآتية :

Streptomyces, Micromonospora, Nocardia

والقسم الأول والثانى مهمان فى التربة الزراعية — وهى بكتريا هوائية تحلل المواد المعقدة التركيب والصعبة التحلل مثل الكاوتشوك وشتين الحشرات والتنينات وغيرها . وبعضها مترممة والبعض الآخر متطفل . كما أن بعضها يفرز مواد مضادة لنمو البكتريا مثل الأستربتوميسين . ويختلف عددها من ١٠٠٠ — ١٠,٠٠٠,٠٠٠ فى الجرام الواحد .

يختلف عدد الأكتينوميسس وكذا البكتريا باختلاف العمق عن سطح الأرض فيقل عادة كلما تعمقنا كما يتضح من الجدول الآتى :

جدول (٦)

عدد البكتريا والاكتيوميسس على الاعماق المختلفة لتربة زراعية (عن واكسمان) عدد الميكروبات محسوبا بالآلاف فى الجرام الواحد تربة جافة مقدارا بطريقة الاطباق

العمق بالبوصات	البكتريا		الاكتينومايستس	
	العدد	٪	العدد	٪
١	٧٣٤٠	٩١	٧٤٣	٩
٤	٥٣٠٠	٨٥	٩٣٣	١٥
٨	٢٧١٠	٨٣	٦١٢	١٨
١٢	٩٥٠	٨٠	٢٣٩	٢٠
٢٠	٢٥٩	٥١	٢٤٦	٤٩
٣٠	١٢٤	٣٥	٢٤٠	٦٦

كما يختلف عدد الميكروبات أيضا باختلاف الأراضى المختلفة ومعاملاتها كما يتضح من الجدول الآتى :

جدول (٧)

تأثير المعاملات المختلفة على عدد الميكروبات فى التربة الزراعية

المعـــاملات	العدد محسوبا بالآلاف للجرام من التربة وزن جاف			
	الرقم الأيدروجينى	البكتريا	الأكتنوميسيس	الفطريات
غير مسمدة	٤ ٦	٣٠٠٠٠	١١٥٠٠	٦٠
معاملة بالجير	٦٫٤	٥٢١٠٠	٢٤١٠٠	٣٢
معاملة بأسمدة معدنية	٠٫٥	٥١٦٠٠	١٥٢٠٠	٣٨
معاملة بالأسمدة العضوية + المعدنية	٥٫٤	٨٨٠٠٠	٢٩٢٠٠	٧٣
معاملة بالأسمدة المعدنية + سلفات الأمونيوم	٤٫١	٢٦٩٠٠	٣٧٠٠	١١١
معاملة بالأسمدة المعدنية + سلفات الأمونيوم + الجير	٥٫٨	٧٠٠٠٠	٢٥٢٠٠	٣٩
معاملة بالأسمدة المعدنية + نترات الصوديوم	٥٫٥	٧٦٠٠٠	٢٥٣٠٠	٤٩

الاسمدة المعدنية ـــ ٣٢٠ رطل من كلوريد البوتاسيوم و ٦٤٠ رطل من الفوسفات الحامضية لكل فدان فى السنة .

يشاهد أن المعاملة بالجير تشجع نمو البكتريا والأكتنوميسيس ولا يشجع الفطريات، والمعاملة بالأسمدة المعدنية والحامضية مثل سلفات الأمونيوم تشجع نمو الفطريات ولا تشجع المجاميع الأخرى ، ولكن المعاملة بالأسمدة العضوية تشجع جميع المجاميع سواء بكتريا أو أكتنوميسيس أو فطريات.

٣ ـــ الفطريات Fungi

إجراء عدها فى التربة الزراعية غير دقيق نظراً لوجود الهيفات ، ولكن الذى يعد فقط هو الجراثيم وهذا طبعا يعطى نتائج تقريبية ، ولعدها يستعمل

طريقة الميكروسكوب المباشره . أو العد بطريقة الأطباق على بيئات حامضية التأثير ولقد استعمل حديثا بيئة آجار الروز بنجال Rose bengal agar وهى بيئة منتقية تعزل الفطريات فقط وتحول دون نمو معظم البكتريا ، وعادة يكون العدد مرتفعا فى الأراضى الحامضية التأثير . والفطريات هوائية حتما ويتراوح العدد مابين ١٠٠٠ — ١,٠٠٠,٠٠٠ ميكروب فى الجرام الواحد. وتساعد الفطريات على تماسك حبيبات التربة بأن تعمل شبكة الميسليوم كروابط حول حبيباتها .

بعض أنواع الفطريات متطفلة والأخرى رمية وتفرز أحيانا مضادات الحيوية مثل البنسلين ، وهى تلعب دوراً مهما فى تحليل بقايا النباتات والحيوانات فى التربة ، كتحليل السليولوز واللجنين والبروتينات .

وإعداد الفطر فى التربة أقل بكثير من إعداد البكتريا . ومن الأجناس التى توجد بكثرة فى التربة الآتى : Rhizopus, Mucor, Zygorhynchus, Fusarium, Trichodermae, Aspergillus, Penicillium & Cladosporium

ولقد رتب بريرلى Brierley الأجناس المختلفة حسب وجودها فى التربة إلى الآتى :

Fungi imperfecti وجد منه ١٩٧ نوعاً ينتمى إلى ٦٢ جنساً
Phycomycetes وجد منه ٥٦ نوعاً تنتمى إلى ١١ جنساً
Ascomycetes وجد منه ١٢ نوعاً تنتمى إلى ٨ أجناس

وعندما تضاف بقايا نباتات إلى التربة نجد أن عدد الفطر عموماً يزداد . وبالنسبة لنوع المادة العضوية المضافة قسمت أنواع الفطر إلى المجاميع الآتية :

١ — الأنواع التى تنمو على الدوبال Humicolous
٢ — الأنواع التى تنمو على التربة Terrestrial

٣ — الأنواع التى تنمو على السماد Coprophilic

٤ — الأنواع التى تنمو تحت سطح التربة Hypogeous

٥ — الأنواع التى تنمو على اللجنين Lignicoleous

٦ — الأنواع التى تنمو على الجروح Pseudoparasitic

٧ — الأنواع التى تسبب أمراض النبات True parasitic

ويقوم الفطر بتحليل المواد السكرية أولا حيث أنها سهلة التحلل، ومعظم الأنواع التى تقوم بهذه العملية تتبع الـ Phycomycetes . وفى نهاية التحلل يأتى دور تحلل اللجنين .

وقد وجد أن إضافة الجير إلى التربة تكثر من عدد الفطر فيها كما يرى فى الجدول الآتى :

جدول (٨)

تأثير اضافة السليولوز وبعض المعاملات بالتربة على عدد الفطريات بها

نوع التربة	pH	إضافة أزوتات	عدد الفطر فى جرام التربة: بدون سليولوز	وجود سيليولوز ١٪
غير مسمده، عدم إضافة الجير	٥,١	—	١٠٥،٧٠٠	١٦٠،٠٠٠
« « « ، « «	٥,٦	+	١١٥،٧٠٠	٤،٨٠٠،٠٠٠
« « ، « إضافة جير	٦,٥	—	٢٠،٠٠٠	٤٧،٠٠٠
« « « ، « «	٦,٥	+	٢٠،٠٠٠	٢٩٠،٠٠٠
مسمدة ، عدم إضافة جير	٥,٥	—	٨٧،٣٠٠	٣٢٠،٠٠٠
مسمدة ، عدم إضافة جير	٥,٥	+	٨٧،٠٠٠	٣،١٠٠،٠٠٠

وقد ورد فى النشرات العلمية وجود الفطر التابع للـ Basidiomycetes وكان الاعتماد فى ذلك على النظر بالعين المجردة للأدوار الثمرية . ولقد

وجد جلبرت Gilbert أن نسبة المادة العضوية فى التربة هى التى تشجع نمو هذه الفطريات . ومن ضمن العوامل الأخرى المؤثرة الرطوبة والضوء والحرارة وغيرها ، ولا شــــك أن لـكل نوع من أنواع الفطر ظروف خاصة تشجع نموه .

وأما الأجناس التى تحلل السليولوز ، فيلاحظ تـكاثرها عند إضافة السليولوز إلى التربة . وهذه تتضمن :

Penicillium, Aspergillus, Trichoderma, Sporotrichum, Fusarium, Chaetomium, Verticillium, Monosporia,

ولقد أثبتت التجارب أن الفطر يقوم بدور هام فى تحليل السليولوز بالتربة والأسمدة الصناعية .

وفطر الميـكوريزا Mycorrhiza Fungi ، وهى مجموعة خاصة من الفطر قادرة على مهاجمة أجزاء النبات الموجودة تحت سطح التربة للحصول على غذائها . قد تقوى النباتات على صد الهجوم وتذيب هيفات الفطر . فى حالة المعيشة المذكورة التى تـكون فى صالح الـكائنين الحيين تعرف بالميـكوريزا Mycorrhiza or Fungus root . ولقـــد قسم Frank الميـكوريزا إلى مجموعتين :

١ — Ectotrophic Mycorrhiza وهنا تـكون هيفات الفطر سطحية بدون الدخول إلى أكثر من الـ Epidermis وتعمل عمل الشعيرات الجذرية للنبات .

٢ — Endotrophic Mycorrhyza — ...نا تتخلل الهيفا داخل أجزاء الجذر كما يحدث فى حالة نباتات Eparidaceae, Ericaceae, Orchidaceae ،

ولقد لوحظ أن هنـاك تنشيط فى نمو نباتات Ericaceae بواسطة الفطر ، والمعتقد أن ذلك راجع إلى إفساد أو امتصاص المواد السامة المجاورة لمنطقة الجذور .

والأنواع التى تحدث الميكوريزا تتبع الـ Basidiomycetes من (Agaricineae) . ومن هذه الأنواع من هو متخصص للمعيشة فى جذور أنواع خاصة من الأشجار ولو أن هناك ماهو غير متخصص . ولقد وجد أنه بعد قطع غابة من الغابات فإن هذه الفطريات المتخصصة تختفى من التربة ولا تعود إلا بعد الزراعة ثانية . وجراثيم هذه الفطريات أجسامها لا تنبت على البيئات الصناعية .

ولقد قدرت طول هيفات الفطر فى الجرام الواحد بالأراضى الخصبة فوجد أنها تتراوح بين ١٠ — ١٠٠ مترا ، ويتوقف ذلك على كمية المواد العضوية بالتربة .

٤— الطحالب:

(وتشمل الدياتوم) والطحالب الخضراء المزرقة .

وتحتوى على كلوروفيل ، لذلك تجدها تنمو على سطح التربة فقط . وهى لا تحتاج إلى مواد عضوية، وهى مهمة حيث أن بعضها يمكنه أن يثبت الأزوت الجوى وكذا ثانى أكسيد الكربون من الجو ، وبذلك تزيد من نسبة المواد العضوية فى التربة الزراعية ويبلغ عددها حوالى من ١٠٠ إلى ٥٠٠,٠٠٠/جرام

(جدول ٩)
تأثير التسميد والاعماق على عدد الطحالب بالتربة
العدد فى الجرام الواحد

العمق بالبوصات	غير مسمدة	مسمدة
٠ — ١	١٦,٠٠٠	٦٢,٠٠٠
١ — ٢	١٠,٠٠٠	٢٨,٠٠٠
٣ — ٤	٢٨,٠٠٠	٥٦,٠٠٠
٥ — ٦	٤,٠٠٠	١٥,٠٠٠

٥ — البروتوزوا :

وتشمل Amoebae, Flagellates and Ciliates بعضها يشاهد فى حويصلات Cysts وعددها يختلف من ١٠٠ — ٥٠٠,٠٠٠/ جرام تربة . ويمكن القول عموما أن عددها يتناسب تناسبا طرديا مع عدد البكتريا فى التربة حيث أنها تتغذى عليها ، وتعتبر عدوة لها . وأنواع Flagellates هى الغالبية فى التربة الزراعية وهى توجد فى الأراضى الرطبة بكثرة .

(جدول ١٠)

تاثير التسميد على عدد الاميبا فى التربة
عدد الاميبا فى الجرام الواحد من التربة

	تربة Barnfield	تربة Broadbalk
مسمدة بالاسمدة الطبيعية	٣٤ر٠٠٠	٧٢ر٠٠٠
مسمدة بالاسمدة الصناعية	٢٦ر٠٠٠	٤٨ر٠٠٠
غير معاملة	٨ر٠٠٠	١٧ر٠٠٠

(جدول ١١)

العدد والوزن النسبى لخلايا البروتوزوا والبكتريا فى التربة

	الفترة التى يقل بها عدد ميكروبات التربة		الفترة التى يزيد فيها عدد ميكروبات التربة	
	العدد فى الجرام الواحد	الوزن فى الفدان مقدرا بالارطال	العدد فى الجرام الواحد	الوزن فى الفدان مقدرا بالأرطال
البروتوزوا « الفلاجلات	٣٥٠ر٠٠٠	٧٨	٧٧٠ر٠٠٠	١٧٤
الاميبا	١٥٠ر٠٠٠	١٥٦	٢٨٠ر٠٠٠	٢٩٤
البكتريا	٢٢,٥٠٠,٠٠٠	٢٤	٤٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٠

٦ — بعض الأحياء الراقية التى تعيش فى التربة الزراعية :

ومنها دودة الأرض والنماتود ويرقات وعذارى الحشرات وبعضها يضر بالنباتات الاقتصادية ضررا بليغا .

٧ — الفيروسات :

وهى التى تمر خلال المرشحات البكتيرية وتشمل Phages والفيروسات الأخرى . وهى متطفلة على البكتيرية والاكتينوميسيس والحيوانات والحشرات كذا النباتات الراقية ، ومن أمثلتها الفيروس المسبب لمرض موازيك الطماطم وغيرها .

أهمية الفيروسات لميكروبات التربة

كما سبق القول رأينا أن الفيروسات تتطفل على الأحياء الدقيقة مثل البكتريا وتسمى Bacteriophages ولكل ميكروب فيروس خاص يتطفل عليه بل يمكن على وجه التحديد أن نذكر أن لكل نوع Species فيروس خاص متخصص فى إصابته ، فالفيروس الذى يتطفل على B. subtilis لا يتطفل على B. cereus مثلا بل أن التخصص فى الحقيقة أبعد من ذلك بمعنى أن لكل سلالة



(شكل ١٨)
غزو بكتريوفاج القولون ويشاهد انه يدخل الخلية عن طريق ذيله

فيروس خاص يتطفل عليها ، مثـــلا الفيروس الذى يصيب سلالة من الآزوتوباكتر ولـكن Az. chroococcum لايصيب سلالة أخرى مثل Ara. agilis لذلك نستعمل البـكتريوفاح كوسيلة من وسائل التعرف على الميكروبات .

كيفية تحضير البـكتريوفاح فى المعمل :

إذا أردنا تحضير البـكتريوفاح المتطفل على سلالة من نوع Lactobacillus مثلا ، فإننا ننمى هذا الميكروب على بيئة صلبة فى الأطباق بحيث ينتشر الميكروب فى كل أنحاء البيئة (تعتبر فى هذه الحالة المزرعة بالطبق كله كمجموعة واحدة) . ونعلم أن البـكتريا المذكورة تستعمل فى تحضير بادىء فى صناعة الألبان . فيؤخذ بعض الشرش من الجبن الذى استعمل له ذلك البادىء ، ويرشح فى أحد المرشحات البـكتيرية وتؤخذ غمسة إبرة من المترشح (الخالى من البـكتريا والذى يحتوى على البـكتريوفاح) وتوضع فى وسط مزرعة Lactobacilli ، ويترك الطبق بالحاضن على درجة حرارة مناسبة(٣٧°م)مثلا لمدة ٣—٤ يوم . ويفحص الطبق بعد ذلك فيلاحظ وجود مناطق بالمزرعة خالية من النمو تسمى Plaques ، وهذه تنتج من فعل البـكتريوفاح المتطفل والمتخصص فى إصابة هذه السلالة بالذات . ويهاجم البـكتريا ويتـكاثر بداخلها وذلك بأن يحلل محتوياتها إلى فيروسات مماثلة له فتتحلل وتخرج الفيروسات لتهاجم البـكتريا الأخرى المجاورة وهكذا . فينتج عن ذلك بقعا بالمجموعة خالية من النمو البـكتيرى نتيجة لتحلل البـكتريا بتلك البقع .

وقد يلاحظ أنه قد تنمو مجاميع دقيقة جداً وسط هذه البقع الخالية من النمو البـكتيرى ، وتعتبر هذه المجاميـع ناشئة عن طفرات Mutants من بكتريا التى تقاوم فعل البـكتريوفاح — كما أن الفيروسات تستطيع أيضا

أن تنتج سلالات أخرى تستطيع أن تتطفل على البكتريا الناتجة من هذه الطفرات .

يتعرض كثير من ميكروبات التربة لفعل الفيروسات المتخصصة فى إصابتها ، وفى الواقع أنها فى صراع مستمر معها نتيجة للطفرات البكتيرية التى تقاوم فعل هذه الفيروسات .

وتتعرض بكتريا العقد الجذريه (الريزوبيا) لفعل البكتريوفاج والذى يتخصص عادة فى إصابة السلالات المختلفة ، بمعنى أنه لكل سلاله فيروس خاص يتطفل عليها .

والفاج Phage ينتشر على نطاق واسع بالتربة، ولقد عزل من العقد الجذرية ومن الجذور ومن سوق كثير من النباتات البقولية، كما عزل من التربة المزروعة بالمحاصيل البقوليـــة ، فلقد وجد Demolon & Dunez البكتريوفاج بجوار جذور النباتات البقولية ، ولكن لم يجداه على بعد بضعة بوصات من الجذور ، وكما هو معروف فإن البكتريوفاج يكون عادة سلالات مقاومة . نستطيع أن نستدل على ذلك بقدرة الفاج المختلفة التى تستطيع أن تهاجم وتحلل سلاله حساسه من البكتريا لهذه الفيروسات . ولقد وجد Demolon & Dunez أن الفاج الذى عزل من البرسيم والترمس والبسله قادر على تحليل سلالات بكتريا العقد الجذرية المتخصصة فى إصابة البرسيم والترمس والبسله على التوالى. ولكنهما وجدا أن بعض الفاج عام فى إصابته أى قادر على إصابة عدة سلالات من الريزوبيا . فاذا زرعت عدة نباتات بقولية فى حقل برسيم حجازى معمر (مجهد) نتيجة لوجود البكتريوفاج به ، فإنه يشاهد بميكروبات العقد البكتيرية للنباتات البقولية المختلفة المزروعة بالحقل المذكور فجوات غير عادية، كذلك يوجد بها أيضا الفاج المتخصص .

الوزن التقريبي لمحتويات التربة الميكروبية

أمكن حساب محتويات التربة الميكروبية بالوزن فى الطبقة السطحية فى الهكتار ووجد أنها تبلغ حوالى الآتى :

البكتريا : ١٢٥٠ كجم مادة عضوية منها ١٢٥ كجم نتروجين عضوى

فطريات : ٢٠٠ كجم مادة عضوية منها ١٠ كجم نتروجين عضوى

فيكون المجموع حوالى ١٤٥٠ كجم مادة عضويه منها ١٣٥ كجم نتروجين عضوى

وبحساب ذلك بالنسبة لوزن المادة العضوية الكلى وجد الآتى :

البكتريا والفطريات تكون حوالى ٣٪ من المادة العضوية الكلية

« « أكثر من ٥٪ من النتروجين العضوى الكلى

فإذا أضيف إلى ذلك محتويات التربه من بروتوزوا وطحالب والأحياء الدقيقة الأخرى تصل النسبة إلى :

من ٧ — ١٠٪ من وزن المادة العضوية الكلى بالتربة

٥ — ١٠٪ من وزن النتروجين العضوى الكلى بالتربة

تقدير نشاط الميكروبات بالتربة على أساس كمية ك ا٢ الناتجة منها

لقد وجد أن كمية ثانى أكسيد الكربون المتصاعده من التربه لها علاقة كبيرة بنشاط الميكروبات بالتربه ، وكذا قابلية الدوبال على التحلل ، كما وجد أيضاً أن كمية الاكسوجين التى تمتصها التربة لها أيضا علاقه بكمية ثانى أكسيد الكربون الخارجة ، ولذا فإن كمية الاكسوجين الممتصة أيضا يمكن أن تعبر عن مدى نشاط الميكروبات بالتربةو بالتالى مدى سرعة تحلل المواد العضوية بالتربة .

ولقد أوضح ذلك Stoklasa & Ernest بأن وضع كيلوجرام واحد من تربة منخولة فى مخبار زجاجى ، ومرر بها هواء بمعدل ١٠ لتر فى كل ٢٤ ساعة

ووجد أن ك ا٢ المتصاعد من التربة فى ظروف خاصة من الحرارة والرطوبة وفى مدة معينة يمكن أن يتخذ مقياسا دقيقا لنشاط الأحياء الدقيقة بالتربة . ولقد وجدا أن كمية المواد العضوية ودرجة حرارة التربة لها أهميه كبيرة فى هذا المقياس . كما وجدا أيضا أن كمية ك ا٢ الناتجة تكون كبيرة فى الأراضى المتعادلة أو التى تميل قليلا إلى القلوية والتى تزود بمواد عضوية سهلة التحلل مع التهوية الجيدة، وقد لاحظا أن كمية ك ا٢ الناتجة تتناسب مع المواد العضوية السهلة التحلل بالتربة وليس مع كل المواد العضوية بالتربة .

وكان استنتاجهما العام :

١ — أن تقدير كمية ك ا٢ المتكونة بالتربة من الأهمية بمكان لتقدير نشاط الاحياء الدقيقة بها .

٢ — يمكن أن تتخذ هذه الطريقة مقياسا لخصوبة التربة حيث أن تكوين ك ا٢ ينشأ من تحلل المواد العضوية . وناتجات تحلل المواد العضوية تتحد مع العناصر فى التربة وتجعلها قابلة لتغذية النبات وبالتالى تزداد الخصوبة .

وفيما يلى نتيجة تجربه تبين تأثير العمق لأنواع من التربة على تحلل الدوبال مقدرة بكمية ك ا٢ الناتجة :

عمق التربة	معاملات التربة		
	غير مزروعة وغير مسمدة	مزروعة بالبرسيم ومسمدة بالاسمدة المعدنية	مزروعة بالبنجر ومسمدة بالاسمدة المعدنية والعضوية
سم	مليجرام	مليجرام	مليجرام
١٠ — ٢٠	١٦ر٥	٣٨ر٦	٤٧ر٥
٢٠ — ٣٠	١٩ر٤	٣٨ر٨	٤٩ر٧
٣٠ — ٥٠	٩ر٨	٢٠ر٢	٢٨ر٥
٥٠ — ٨٠	٣ر٣	٦ر٣	٦ر٦
٨٠ — ١٠٠	٢ر١	٢ر٧	٢ر٣

وعلى هذا الأساس يمكن قياس مقدرة التربة البيولوجية بإضافة مادة عضوية إليها وتقدير كمية ثانى أكسيد الكربون الناتجة فى مدة معينة ، ويجرى ذلك بإضافة وزن معلوم من مادة عضوية إلى حوالى ٢٠٠ — ٥٠٠ جرام من التربة فى وعاء وتقدر كمية ك ا٢ الناتجة .

الباب الرابع

العناصر الغذائية للنبات ومصادرها

	العناصر		مصادرها
لاغنى عنها بكميات كبيرة	الكربون	(C)	من ثانى أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوى
	الأكسجين	(O)	من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون الموجود بالهواء الجوى ومن الماء
	الهيدروجين	(H)	من الماء
	النيتروجين	(N)	من النترات وأملاح الأمونيوم . وتستطيع بعض النباتات الحصول على النتروجين نتيجة لتثبيت الأزوت الجوى بواسطة بكتريا العقد الجذرية العائشة بالاشتراك مع هذه النباتات .
	الفوسفور	(P)	من الفوسفات الموجودة بالتربة
	البوتاسيوم	(K)	من الأملاح الموجودة بالتربة
	الكالسيوم	(Ca)	من الأملاح الموجودة بالتربة
	المغنسيوم	(Mg)	من الأملاح الموجودة بالتربة
	الحديد	(Fe)	من أملاح الحديدوز والحديديك الموجودة بالتربة
	الكبريت	(S)	من أملاح الكبريتات الموجودة بالتربة
لاغنى عنها بكميات صغيرة حيث تعمل كمواد منشطة للنبات أو تصلح من خواص التربة	المنجنيز	(Mn)	من الأملاح الموجودة بالتربة
	السليكون	(Si)	
	البورون	(B)	
	الزنك	(Zn)	
	الفلورين	(F)	
	اليود	(I)	
	الكلور	(Cl)	
	الألومنيوم	(Al)	
	النحاس	(Cu)	

تحتاج النباتات لهذه العناصر بكميات متفاوتة، ولكن فى التربة الزراعية يلاحظ أن النباتات تحتاج إلى كميات كبيرة من العناصر الآتية :

١ — النيتروجين　　　　٢ — الفوسفور

٣ — المغنسيوم　　　　٤ — أحيانا الكبريت .

لذلك تضاف باستمرار إلى التربة الزراعية لأنها تفقد أيضا باستمرار وبسرعة . وتضاف هذه العناصر إلى التربة الزراعية على صور متعددة عند التسميد بالأسمدة المعدنية أو العضوية المختلفة .

التركيب الكيماوى لبقايا النبات والحيوان

سبق أن ذكرنا أن الدوبال ينشأ من تحلل بقايا النبات والحيوان فى التربة ويجب أن تعرف مشتملات هذه البقايا وهى كالآتى :

الكربوايدرات :

(ا) سكريات أحادية :

١ — السكريات السداسية ($ك_{٦}يد_{١٢}ا_{٦}$) Hexoses مثل الجليكوز الفركتوز — المانوز .

٢ — السكريات الخماسية ($ك_{٥}يد_{١٠}ا_{٥}$) Pentoses مثل الأربينوز والزيلوز .

(ب) السكريات الثنائية

($ك_{١٢}يد_{٢٢}ا_{١١}$) وأهمها السكروز والملتوز

(ج) السكريات الثلاثية

($ك_{١٨}يد_{٢٢}ا_{١٦}$) مثل الرفينوز

(د) عديدة السكريات:

١ — النشا — الجليكوجين — الانيولين — والدكسترين

٢ — السليلوز

٣ — الهميسليوز والبوليورونويد Polyuronides

(ا) الهكسوزان مثل : المنان والجلكتان

(ب) البنتوزان Pentosans ذات التركيب (ك٥ يد٨ أ٤) ج

(ج) البكتين وغيره من مركبات حامض اليورونيك
Uronic acid compounds

اللجنين Lignins

التنينات Tannis

الجلكوزيدات Glucosides

الأحماض العضوية وأملاحها واستراتها Esters

الدهون — والزيوت — الشموع والمركبات المشتقة منها

الصموغ Resins

المركبات النيتروجينية وتشمل :

١ — البروتينات

٢ — الأحماض الأمينية

٣ — الأمينات

٤ — الألكاليدات Alkaloids

٥ — البيورين Purines

٦ — الأحماض النووية Nucleic acids

المواد الملونة Pigments :

١ — الكلورفيل Chlorophyll

٢ — الكاروتينات Carotinoids وهى المواد الملونة الموجودة بالأوراق والسوق والأزهار والثمار

٣ — الانثيوسيانين Anthocyanins وهى المواد الملونة الموجودة بالأوراق والثمار والأزهار .

الأملاح ومكوناتها Mineral constituents :

١ — القواعد خصوصا الكالسيوم — المغنسيوم والبوتاسيوم والحديد

٢ — الفوسفات

٣ — الكبريتات

٤ — الكلوريدات

٥ — السليكات

ويمكن تقسيم هذه المكونات إلى المجاميع الهامة الآتية :

١ — مكونات قابلة للذوبان فى الماء ، مثل السكريات البسيطة — النشويات — الأحماض الأمينية وغيرها من الأحماض العضوية .

٢ — الهيمسليولوز : وهى عبارة عن تكاثف الهكسوزات والبنتوزات أو كليهما مع حامض اليورونيك Uronic Acid

٣ — السليولوز : وهى نتيجة تكاثف الجلوكوز .

٤ — اللجنين: وتركيبه الكيماوى الحقيقى غير معروف إلى الآن ولكن يعرف أنه يشتمل على حلقة بنزين مع عدد من مجاميع Methoxyl and hydroxyl وكذا مجموعة الدهيد وتركيبه الكيماوى كالآتى :

ك٤٠ يد٣٠ ا٦ . (ا ك يد٣)٤ . (ا يد)٥ . ك يد ا

وفى النبات تكون ممتصة أو متحدة مع مركبات كيماوية مع السليلوز . وتحتوى النباتات الصغيرة عادة على السليولوز الذى تتركب جدر الخلايا الحديثة السن منه، ولكن عندما تكبر فى السن فان الألياف السليولوزية تمتص أو تتحد مع اللجنين مكونة مركبا يسمى لجنو سليولوز Ligno-cellulose الذى يوجد بأنسجة هذه النباتات .

— البروتينات . تتكون من سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية العديدة وهى أهم محتويات النبات النيتروجينية .

٦ ــ الدهن ـ الزيوت ـ الشموع : وهى استرات الكحولات مع حامض دهنى أو أكثر ذات وزن جزيئى عال .

٧ ــ الرماد أو الأملاح المعدنية التى يتكون منها النبات

والجدول الآتى يوضح تركيب بعض بقايا النباتات :

جدول (١٢)
التركيب الكيماوى لبعض بقايا النباتات

المادة	السليولوز ٪	البنتوزانات ٪	اللجنين ٪	البروتينات ٪	الدهون والشموع ٪	الرماد ٪
الدريس	٢٨٫٥٠	١٣٫٥٢	٢٨٫٢٥	٩٫٣١	٢٫٠٠	٦٫٠٥
قش الشوفان	٣٥٫٤٣	٢١٫٣٣	٢٠٫٤٠	٤٫٧٠	٢٫٠٢	٤٫٨١
قش القمح	٣٤٫٢٧	٢١٫٦٧	٢١٫٢١	٣٫٠٠	٠٫٦٧	٤٫٣٣
القوالح	٣٧٫٦٦	٣١٫٥٠	١٤٫٧٠	٢٫١١	١٫٣٧	١٫٨٠
Corn Stover	٣٠٫٥٦	٢٣٫٥٤	١٥٫١٣	٣٫٥٠	٠٫٧٧	٦٫١٥

مما سبق يلاحظ أن النباتات المختلفة تختلف من حيث تركيبها الكيماوى ، كما أن النبات الواحد يختلف تركيبه الكيماوى فى مراحل نموه المختلفة ، فالنبات الصغير يختلف تركيبه الكيماوى عنه وهو ناضج النمو وفيما يلى جدول يوضح ذلك :

جدول (١٣)
التركيب الكيماوى لنبات الراى Rye (الساق والاوراق) فى مراحل نموه المختلفة مقدرا بالجرام وزن جاف

مراحل النمو	الدهون والشموع ٪	المواد القابلة للذوبان ٪	البنتوزانات ٪	السليولوز ٪	اللجنين ٪	النتروجين الكلى ٪	الرماد ٪
عند طول ١٠ ــ ١٤ بوصه	٢٫٦٠	٣٤٫٢٤	١٦٫٦٠	١٨٫٠٦	٩٫٩٠	٢٫٥٠	٧٫٦٦
قبل تكوين الرؤوس	٢٫٦٠	٢٢٫٧٤	٢١٫١٨	٣٦٫٩٥	١١٫٨٠	١٫٧٦	٥٫٩٠
قبل التزهير مباشرة	١٫٧٠	١٨٫١٦	٢٢٫٧١	٣٠٫٥٩	١٨٫٠٠	١٫٠١	٤٫٩٠
النبات الناضج	١٫٢٦	٩٫٩٠	٢٢٫٩٠	٣٦٫٢٩	١٧٫١٠	٠٫٢٤	٣٫٩٠

الباب الخامس

مصادر الطاقة للبكتريا

التقسيم الفسيولوجي للبكتريا Physiological classification of bacteria

تقسم البكتريا من حيث الحصول على الطاقة اللازمة لحياتها إلى قسمين :

١ — البكتريا الهتروتروفية Heterotrophic bacteria .

وهذه البكتريا تحصل على طاقتها من تحليل المواد العضوية بأكسدتها وتنقسم إلى قسمين :

(ا) الأكسدة الكامله: تتأكسد المادة إلى ثانى أكسيد الكربون والماء

ك٦ يد١٢ ا٦ + ٦ ا٢ ← ٦ ك ا٢ + ٦ يد٢ ا + ٦٧٠ سعر

(ب) الأكسدة الناقصة : تتأكسد المادة جزئيا إلى مادة أخرى فتتحول من مادة ذات الطاقة العالية إلى مادة ذات طاقة أقل

ك٦ يد١٢ ا٦ ← ٢ ك٣ يد٦ ا٣ + ٣٦ سعر

ومعظم البكتريا وخاصة البكتريا المرضية كلها مىن هذا النوع

٢ — البكتريا الأوتوتروفية : Autotrophic bacteria

وتحصل على طاقتها بطريقة من الطريقتين الآتيتين :

(ا) التمثيل الضوئى Photosynthesis

وهذه البكتريا تشابه النباتات الخضراء فى هذا الشأن، وتسمى البكتريا الممثلة للضوء Photosynthetic bacteria وتمثل ك ا٢ كمصدر وحيد الكربون

Sole source of carbon ، وفيما يلى التفاعل العـام الذى تحدثه هذه الميكروبات :

ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ (س) ←(ضوء / كلوروفيل)— (ك يد$_{٢}$ ا) + يد$_{٢}$ ا + ٢ س + طاقة

باعتبار أن ك ا$_{٢}$ هى المادة التى تستقبل الأيدروجين وتسمى فى هذه الحالة مستقبلة الأيدروجين H-acceptor ، وبذلك تؤكسد المادة الأخرى يد$_{٢}$ س بانتزاع الأيدروجين منها وتسمى هذه المـــادة إذن مانحه الأيدروجين H-donator ، علما بأن س رمز لأى عنصر .

ومن أمثلة هذه الأحياء الدقيقة بكتريا الـكبريت الخضراء Green sulphur bacteria التى تجرى التفاعل الآتى :

ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب ←(ضوء / كلوروفيل)— (ك يد$_{٢}$ ا) + يد$_{٢}$ ا + ٢ كب + طاقة

فى هذه الحالة كان العنصر س هو الـكبريت .

كذلك تقوم بـكتريا الـكبريت الأرجوانية Purple sulfur bacteria (Thiorodaceae) بالتفاعل الآتى :

ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٢}$ ← (ك يد$_{٢}$ ا) + يد$_{٢}$ ا + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + طاقة

ويختلف التمثيل الضوئى فى البـكتريا عنه فى النباتات الراقية ، وفيما يلى التفاعل الذى يحدث فى النباتات الراقية ومنه يتضح تـكوين الأكسوجين ا$_{٢}$ نتيجة لعملية التمثيل :

ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا ←(ضوء / كلوروفيل)— (ك يد$_{٢}$ ا) + يد$_{٢}$ ا + ا$_{٢}$ + طاقه

(ب) أكسدة بعض المواد المعدنية Chemosynthesis .

وتسمى البـكتريا المؤكسدة للمواد المعدنية Chemosynthetic bacteria وتجرى إحداها التفاعل الآتى :

٢ كب + ٣ ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا ← ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + طاقة

يحدث هذا التفاعل بكتريا الكبريت الغير ملونه .

وقد تتم الأكسدة بواسطة فقد الكترونات Electrones مثل

ح$^{++}$ ← ح$^{+++}$ + طاقه

وللبكتريا التى تحصل على طاقة نتيجة لأكسدة بعض المواد الغير عضوية أهمية كبيرة فى التربة الزراعية وفيما يلى ملخصا لبعض أنواع هذه البكتريا وماتقوم بهمن تفاعلات هامة تزيد فى خصوبة الأراضى :

١ — النيتروزومونـاس Nitrosomonas تؤكسد النشادر إلى نيتريت .

ن يد$_{٣}$ ← ن ا$_{٢}^{-}$ + طاقه

٢ — النيتروباكتر Nitrobacter تؤكسد النيتريت إلى نترات .

ن ا$_{٢}^{-}$ ← ن ا$_{٣}^{-}$ + طاقه

ولا يخفى ما للنترات من أهمية كبيرة فى تغذية النباتات .

٣ — بكتريا الكبريت غير الملونة Colourless sulphur bacteria وتحدث التفاعل الآتى :

يد$_{٢}$ كب ← كب + طاقه

كب ← كب ا$_{٤}$ + طاقه

ومنها Thiobacillus وهى ميكروبات عصوية صغيرة ويترسب الكبريت خارجها ومنها أيضا Beggiatoa وهى حلزونية كبيرة ويترسب الكبريت داخلها .

وتتلخص خواص الميكروبات الأوتوتروفية عموما فيما يلى :

١ — تنمو فى بيئات محتويه على مواد غير عضوية (معدنية) خاصة قابلة للأكسدة .

٢ — تؤكسد هذه الميكروبات المواد الغير عضوية القابلة للأكسدة كنتيجة للنشاط الحيوى لهذه الميكروبات .

٣ — لا تحتاج الميكروبات إلى مواد عضوية بتاتا لا لتكوين أجسامها ولا للحصول على الطاقة .

٤ — بأكسدة هذه المواد الغير عضوية تحصل الميكروبات على الطاقة اللازمة لنموها .

٥ — ليس للميكروبات القدرة على تحليل المواد العضوية وغالبا ما تؤثر فى نشاطها تأثيراً عكسيا .

٦ — يستعمل ثانى أكسيد الكربون الجوى كمصدر وحيد للكربون .

إذا أضيفت مادة عضوية ليست غريبة على التربة مثل الأسمدة العضوية أو بقايا النباتات التى تنمو بها ، فإنها تتحلل بالتربة بسرعة ، فتستعملها الكائنات الدقيقة مصدراً لطاقتها وتغذيتها ، فتنمو الميكروبات الموجودة بالتربه عادة المسماة Autochtonous وكذا الميكروبات التى تعمل هذه المواد العضوية على إيقاظها مثل الميكروبات المتجرثمة والفطريات وغيرها والمسماة Zymogenic ، وتحلل المادة العضوية بسرعة .

أما إذا كانت هذه المادة غير معتاد إضافتها إلى التربة أى غريبة عليها Exotic ، مثل مبيدات الحشائش كأملاح الصديوم لحامض ثلاثى كلورور الخليك Trichloroacetic المرمز له (TCA) أو ٢،٢ ثنائى كلورور حامض بروبيونيك 2,2-dichloropropionic acid (DCP) مثلا فإن تحللها بالتربة يتطلب وقتا أطول حتى تنمو الأنواع الخاصة التى تستطيع أن تحللها ، فيزداد عددها فى التربه . فإذا ما أضيفت هذه المواد ثانية إلى التربه ، فإنها تتحلل بسرعة عن ذى قبل ، وذلك لوجود الميكروبات القادرة على تحليلها بوفرة .

تنمو الميكروبات الهتروتروفية على المواد العضوية وتحللها وتحصل على الطاقة اللازمة لحياتها ، فيزداد عددها بالتربه ، حتى إذا ما تحللت المواد العضوية ، يقل عددها تدريجيا وذلك بموت الكثير منها لاستنفاذ مصادر

طاقتها . وتصبح الميكروبات الميتة غذاءا لميكروبات أخرى التى تحلل خلاياها ، كما تنمو على نواتج التحلل عموما مثل الأمونيا أو الكبريت ميكروبات أوتوتروفية تحصل على طاقتها من أكسدة المواد المعدنية كالأمونيا أو النتريت ، أو تحصل على طاقتها من ضوء الشمس ، فتؤكسد مواد معدنية كبكتريا الكبريت الخضراء والأرجوانية مثلا . . . ومن هنا ينشأ ما يعرف بتعاقب الميكروبات Microbial succession . ويمكن القول بوجه عام أن الميكروبات فى التربة تعيش معا معيشة تعاونية تكافلية ، فمثلا المواد العضوية الصعبة التحلل تتولاها ميكروبات خاصة وتحللها إلى أبسط منها ، وتجعلها فى متناول ميكروبات أخرى . وهذه بدورها تحللها إلى مواد أبسط يستفيد بها أنواع خاصة من الميكروبات . . . وهكذا . هذا جميعه يعود على التربه بالخصب ، وذلك لتعاون ميكروبات التربة فى معدنة المواد العضوية فتنتج العناصر الغذائية التى تمتصها النباتات .

الباب السادس

فعل ميكروبات التربة

فى المواد العضوية غير الأزوتية ودورة الكربون

Decomposition of organic matter (non nitrogenous)

Carbon cycle

تحتوى المادة العضوية على عنصر الكربون ويكون عادة حوالى ٥٠ ٪ منها . وفى بعض المواد الكربوايدراتية والأحماض العضويه قد تكون نسبة الكربون أقل (حوالى ٤٠ ٪) ولكن فى الدهون والشموع قد تتجاوز النسبة ٦٠ ٪.

والمواد العضوية التى تتخلف فى التربة هى عبارة عن :

١ — بقايا النباتات والحيوانات مثل أوراق الأشجار وفروعها وجذورها وبقايا الحيوانات مثل الروث والبول ، كذا الحشرات الميتة والديدان ... والميكروبات الميتة .

٢ — السماد العضوى الذى يضاف إلى التربة بقصد زيادة عناصرها الغذائية.

٣ — السماد الأخضر مثل البرسيم (القلب).

وعادة تحتوى هذه المواد العضوية على الكربون والأيدروجين والأكسوجين والنيتروجين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم وغيرها من العناصر بكميات متفاوته تختلف باختلاف المادة العضويه نفسها ، سواء أكانت حيوانية أو نباتية أو غيرها .

تتحل الكربوايدرات فى التربة بتأكسدها أكسدة كاملة إلى ك ا٢ + يد٢ ا تحت الظروف الهوائية ، أما تحت الظروف اللاهوائية فإن النواتج تختلف بإختلاف نوع الميكروب ، وعادة تكون النواتج أحماض عضوية وكذا الكحولات وغازات مثل ك ا٢ ، يد٢ ، ك يد٤ وغيرها .

ومن أمثلة الأحماض المتكونة الفورميك والخليك والبروبيونيك واللكتيك ، ومن أمثلة الكحولات الإيثيل والبيوتانول .

متخلفات أخرى مثل الالدهيدات ، اسيتيل ميثيل كربينول والصموغ وغيرها ويتم هذا التحلل بواسطة الميكروبات اللاهوائية حتما أو اختيارا ، وكذلك الخميرة ، وهذه المواد الناتجة بدورها تتحلل بواسطة الميكروبات تحت الظروف الهوائية إلى ك ا٢ + يد٢ ا .هذا يعنى أن النواتج النهائية لتحلل المواد الكربوايدراتية هى ك ا٢ ، يد٢ ا .

والأحماض الناشئة عن التفاعلات البكتريولوجيه عموما يمكن الكشف عنها فى المعمل بواسطة دلائل كشافة ، والغازات يمكن معرفة وجودها بواسطة أنابيب درهام Durhan tubes أو بواسطة تكسير البيئة الصلبة المحتوية على الكربوايدرات ، هذا ويمكن تحليل الغازات الصاعدة كميا ، ولكن ك ا٢ ليس من السهولة تقديره نظراً لذوبانه فى البيئة إلا إذا تكون بكميات كبيرة أو بإضافة بعض المواد الكيماويه التى تجعل ذوبانه عسيرا .

وفيما يلى أهم الأنزيمات البكتيرية التى تحلل المواد الكربوايدراتية المعقدة والدهنية الموجودة بالنباتات .

$$\text{Pectins} + H_2O \xrightarrow{\text{Pectinase}} \text{Monosaccharides} + \text{Uronic acid}$$

$$\text{Cellulose} + H_2O \xrightarrow{\text{Cellulase}} \text{cellobiose} \xrightarrow{\text{Cellobiase}} \text{glucose}$$

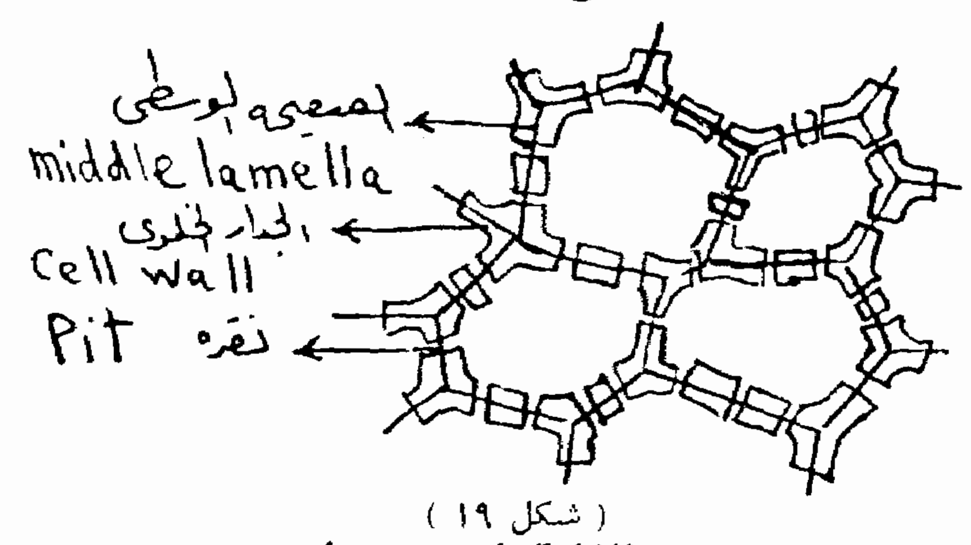
$$\text{Hemicellulose} + H_2O \xrightarrow{\text{Cytase}} \text{Monosaccharides such as Fructose, galactose, glucose from Hexosans, \& Arabinose, Xylose from pentosans}$$

Starch $\xrightarrow{\text{amylase}}$ maltose $\xrightarrow{\text{maltase}}$ glucose

Sucrose $\xrightarrow{\text{Sucrase}}$ glucose + fructose

Fat $\xrightarrow{\text{Lipase}}$ fatty acid + glycerol

وسنشرح فيما يلى المواد الكربوايدرانية الهامة والميكروبات التى تقوم بتحليلها فى التربه الزراعية ونواتج التفاعلات .

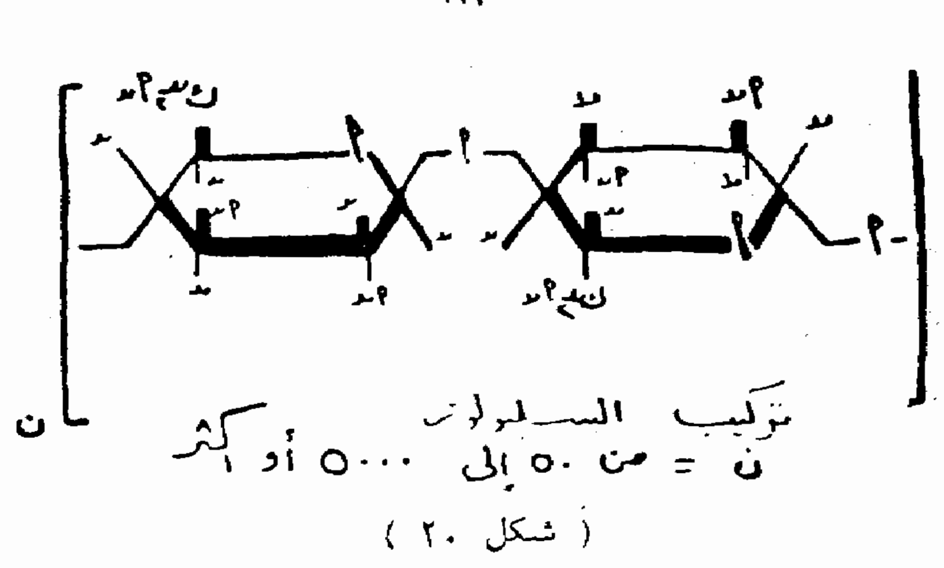


(شكل ١٩)
خلايا النبات وجدرها

تحليل البكتين :

يوجد البكتين بكثرة فى النباتات بالصفيحة الوسطى التى تعمل على تماسك الخلايا بعضها ببعض . وهناك كثير من الميكروبات تقوم بتحليل البكتين ، فمثلا Bacterium carotovorum تفرز أنزيم البكتينيز الذى يحلل البكتين ، وتسبب مرض العفن الطرى لكثير من المحاصيل الدرنية مثل البطاطس ، والميكروب هوائى سالب لصبغة جرام ، عصوى قصير . كذا ميكروب Clostridium butyricum الذى يستعمل صناعياً فى تعطين الكتان . وهذا الميكروب لاهوائى حتما موجب لصبغة جرام ومتجرثم بجرثومة طرفية ويحلل البكتين أيضا .

الفطريات المتطفلة كذا المترممة لها قدرة كبيرة على تحليل البكتين .



(شكل ٢٠)

تحليل السليولوز :

السليولوز مثل النشا فهو عبارة عن تجمع الجلوكوز Polymer of glucose يوجد فى النباتات بكمية كبيرة ، إذ يوجد فى الخشب والألياف وجدر الخلايا والأعشاب وشعر القطن ومعظم أنسجة النباتات عموما .

ويتحلل السليولوز بواسطة أنواع خاصة من البكتريا حيث أنه يقاوم فعل كثير من ميكروبات التربة الزراعيـــة ، والميكروبات التى تحلل السليولوز هى:

١ — ميكروبات هوائية

٢ — ميكروبات لاهوائية

٣ — اكتينوميسس

٤ — الفطريات

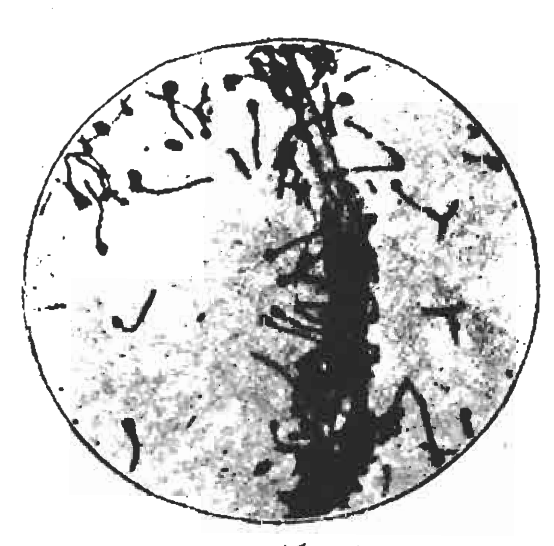
١ ـ الميكروبات الهوائية :

من أنشط الأنواع الهوائية المحللة للسليولوز هى السيتوفاجا Cytophaga ولقد سبق الكلام عنها ، وتحلل السليولوز كالآتى:

سليولوز ← سلوبيوز ← جلوكوز ← $ك أ_٢$ + $يد_٢ أ$

والسيتوفاجا لا تنمو على البيئات العادية ، ولكن تنمو على بيئة خاصة مكونة من السليولوز (مثل ورق الترشيح) مبلله بمحاليل غير عضوية ، ويضاف إليها كربونات الكالسيوم لتعادل الحموضة الناتجة عن التفاعل ، فيشاهد على ورقة الترشيح التآكل وكذا مجاميع صفراء اللون من الميكروب ، ولقد استعمل دوبوس Dubos بيئة مكونة من أملاح معدنية + قصاصات من ورق الترشيح يضاف إليها تخفيفات التربة الزراعية ويمكن بواسطتها عزل الميكروبات ومعرفة مقدار ما تحتويه التربة الزراعية منها .

٢ ـ الميكروبات اللاهوائية :



(شكل ٢١)
C. dissolvans

وهى ميكربات لاهوائية حتما ، عصوية طويلة موجبة لصبغة جرام . الجرثومة طرفية ومن الصعب عزلها فى مزرعة نقية . وبعض هذه الميكروبات من الأنواع الميزوفيلية مثل Clostridium dissolvans ، والبعض الآخر محب للحرارة المرتفعة Thermophilic مثل Clostridium thermocellum

ولقد وجد أنه من الصعب عزل هذه الميكروبات بحالة نقية إذ أن بعض الميكروبات المحبة للحرارة اللاهوائية إختيارا قد تعيش مع اللاهوائية حتما فى حالة تعاون أو تكافل . فلقد وجد أن بعض المزارع النشطة فى تحليل السليولوز تحت الظروف الهوائية واللاهوائية تحتوى على أجناس لاهوائية حتما وأجناس لاهوائية اختيارا ، ويمكن القول أيضا أن الأجناس

اللاهوائية حتما المحللة للسليولوز تعيش مع بعضها بحالة مختلطة يصعب معها فصلها عن بعضها البعض بحالة نقية. ولقد أوضح حديثاً بعض العلماء الروس المعيشة التكافلية التي تعيشها الميكروبات المحلله للسليولوز مع الميكروبات الأخرى . فلقد وجدوا أن تحليل السليولوز تحت الظروف اللاهوائية بالميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة يتم بالعمليتين الآتيتين :

١ — التحليل المائى للسليولوز

٢ — تخمر نواتج هذا التحلل.

فنى المزارع النقية للميكروبات المحبة للحرارة المرتفعة والمحلله للسليولوز نجد أن معظم المواد الناتجة من تحلل السليولوز مائيا بواسطة الميكروبات (من ٤٠ — ٧٥٪ من كربون السليولوز يتحول إلى جلوكوز) تتراكم فى البيئة وجزء فقط هو الذى يتخمر ليعطى ك ا٢ ،يد٢ — حامض خليك — حامض بيوتريك — فورميك — لاكتيك.

ولكن فى المزارع المختلطة أى فى المعيشة التكافلية للميكروبات المحللة للسليولوز مع غيرها من الميكروبات فإن كميات كبيرة من الأحماض والكحولات وغيرها من النواتج الثانوية مثل الميثان، الذى لا يظهر فى المزارع النقية ، يتحصل عليها من التحلل . ويظهر التكافل بوضوح فى مقدرة الميكروبات المحبة للحرارة والتى تحلل السليولوز بنشاط كبير وهذا من شأنه أن يمد الميكروبات الأخرى بمواد يسهل تخمرها . فمقدرة المزارع النقية لكثير من الميكروبات المحبة للحرارة والمحللة للسليولوز وكذا خواصها المزرعية قد وصفها الكثير من الباحثين مثل Clostridium illiposporogenes ~~Bacillus cellulosaedissolvens~~ وعموماً يتحلـــل السليولوز على الوجه الآتى :

سليولوز ← أحماض عضوية وأحيانا كحولات ؟ ك ا٢ ؟ يد٢

فإذا نمت هذه الميكروبات على بيئة تحتوى على ورق ترشيح كمصدر للسليولوز فإنه يشاهد ثقوب بهذه القصاصات ثم تذوب وتختفى .

(ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$)$_{ن}$ + يد$_{٢}$ ا ← ن (ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$)

ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ ← ك$_{٣}$ يد$_{٦}$ ا$_{٣}$ (حامض لاكتيك) + ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ ا يد + ك ا$_{٢}$

٢ ك$_{٢}$ يد$_{٥}$ ا يد ← ك$_{٢}$ يد$_{٤}$ ا$_{٢}$ (حامض خليك) + ٢ ك يد$_{٤}$

هذا ويوجد فى أمعاء الحيوانات آكلة الأعشاب مجموعة من الميكروبات التى تهضم السليولوز إلى سكريات وكحولات وأحماض عضوية التى تستفيد منها الحيوانات .

٣ ـ الأكتينوميسيتس :

تلعب دوراً مهماً فى تحليل السليولوز تحت الظروف الهوائية .

٤ ـ الفطريات :

تحت الظروف الهوائية وفى التربة الحامضية التأثير تقوم الفطريات بتحليل السليولوز وكذا يمكنها تحليله بعد أن يصبح الوسط حامضياً بفعل البكتريا . ومن الفطريات الهامة فى تحليل السليولوز Trichoderma, Penicillium

هذا وتساهم كثير من الميكروبات الأخرى فى تحليل السليولوز مثل فطريات المشروم والبروتوزوا والحشرات وغيرها من الأحياء .

ويمكن القول عموماً أن عمل الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة فى تحلل السليولوز يتوقف على عوامل كثيرة مثل الرطوبة والحرارة والتهوية والتأثير (درجة الحموضة) والمواد النيتروجينية . فمثلا ٨٠ — ٩٠٪ رطوبة تجعل الميكروبات اللاهوائية أنشط من غيرها ، أما عمل الفطر والاكتينوميسس والبكتريا الهوائية فيكون ضئيلا جداً فى هذه الحالة وعند الرقم الأيدروجينى بين

٩،١ — ٦،١ تكون السيتوفاجا أنشط من غيرها بينما يكاد يكون هذا النوع معدوم التأثير فى الأراضى الحامضية (درجة حموضة pH) ٦ أو أقل .

تحليل السكريات ومشتقاتها :

Decomposition of sugars and their derivatives

إذا أضيفت المواد العضوية إلى التربة الزراعية فإن السكريات وغيرها من المواد الكربوايدراتية القابلة الذوبان فى الماء تتحلل أولا ، وهذه المواد تختفى عادة من التربة فى أيام قليلة ، حيث تتحلل بواسطة البكتريا والفطر فإذا كان تحللها بالأكسدة الكاملة فإنه ينتج ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا . وإذا تحللت جزئيا فإن النواتج تكون أحماض عضوية وكحولات .

وكما سبق القول يختلف تحلل السكريات حسب نوع الميكروب وكذا ظروف التحلل . فتختلف النواتج تحت الشروط الهوائية عنها فى عدم وجود الأكسوجين، فبعض الفطريات يحلل السكريات مع تكوين أحماض الجلوكورونيك والستريك والأكساليك والفيوماريك والسكسنيك . كما يتضح من التفاعلات الآتية :

١ — ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ + ا$_{٢}$ ← ك يد ا (ك يد ا يد)$_{٤}$ ك اا يد + يد$_{٢}$ ا

(جلوكورونيك)

٢ — ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ + ١½ ا$_{٢}$ ← ك اا يد . ك يد$_{٢}$. ك (ا يد) (ك اا يد) .
ك يد$_{٢}$. ك اا يد + ٢ يد$_{٢}$ ا

(ستريك)

٣ — ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ + ٤½ ا$_{٢}$ ← ٣ (ك اا يد)$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ ا

(أكساليك)

٤ — ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ا$_{٦}$ + ٦ ا$_{٢}$ ← ٦ ك ا$_{٢}$ + ٦ يد$_{٢}$ا

أما البكتريا فإنها تحلل السكر بطريقة مخالفة للفطر ونواتج التحلل تختلف من ميكروب إلى آخر، وكذلك يختلف تحلل السكر تحت الظروف اللاهوائيه عنها فى الظروف الهوائية وفيما يلى مثلا لتحلل السكر تحت الظروف اللاهوائية :

١ — ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ا$_{٦}$ ← ٢ ك يد$_{٣}$. ك يد ا يد . ك اا يد (لاكتيك)

٢ — ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ا$_{٦}$ ← ك يد$_{٣}$. ك يد$_{٢}$. ك يد$_{٢}$. ك اا يد + ٢ ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$

(بيوتريك)

٣ — ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ا$_{٦}$ ← ٢ ك$_{٢}$يد$_{٥}$ا يد + ٢ ك ا$_{٢}$

وعادة يتكون تحت الظروف اللاهوائية النواتج الآتية :

أحماض : لكتيك ، بيوتريك ، خليـــك ، بروبيونيك ، فورميك وفاليك وغيرها .

كحولات ومواد طيارة : أيثانول ، بيوتانول ، جليسرول ، أسيتون وغيرها . غازات : ك ا$_{٢}$ ، ك يد$_{٤}$ ، يد$_{٢}$

أما تحت الظروف الهوائية فإن السكريات تتحلل إلى حامض لاكتيك أو استيالدهيد أو حامض البيروفيك وهذه سرعان ما تتحلل إلى ثانى أكسيد الكربون وماء ، وفيما يلى التفاعل الذى يوضح ذلك :

ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ا$_{٦}$ ← ٢ ك يد$_{٣}$. ك ا . ك اا يد + ٢ يد$_{٢}$ (حامض بيروفيك)

ك يد$_{٣}$. ك ا . ك اا يد + يد$_{٢}$ ← ك يد$_{٣}$. ك يد ا يد . ك اا يد (حامض لاكتيك)

ك يد$_{٣}$. ك ا . ك اا يد + يد$_{٢}$ ← ك يد$_{٣}$. ك يد ا + يد$_{٢}$ + ك ا$_{٢}$ (استيالدهيد)

ك يد$_{٣}$. ك يد ا + يد$_{٢}$ ← ك يد$_{٣}$ ـ ك يد$_{٢}$ ا يد (ايثانول)

ك يد$_{٣}$. ك ا . ك اا يد + يد$_{٢}$ا ← ك يد$_{٣}$. ك اا يد + يد ك اا يد

ك يد$_{٣}$. ك يد$_{٢}$ ا يد + ٣ ا$_{٢}$ ← ٢ ك ا$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ا

ك يد$_{٣}$. ك اا يد + ٢ ا$_{٢}$ ← ٢ ك ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ا

يد ك اا يد + ½ ا$_{٢}$ ← ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ا

ويجب أن نشير إلى أن النشا يتحلل بفعل الميكروبات بواسطة الأنزيمات الدياستازية إلى دكسترين ثم ملتوز ثم جلوكوز .

(ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$)$_{٢ن}$ + (ن - ١) يد$_{٢}$ا ← ن ك$_{١٢}$ يد$_{٢٢}$ ا$_{١١}$

ك$_{١٢}$ يد$_{٢٢}$ ا$_{١١}$ + يد$_{٢}$ا ← ٢ ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$

يتحلل النشا بفعل ميكروبات كثيرة مثل الفطريات الأسبرجلس وغيرها كذا يتحلل بواسطة كثير من البكتريا كالميكروبات العصوية المتجرثمة.

التخمر الميثانى **Methan Fermentation**

سبق أن ذكرنا أن تحلل المـــواد الكربوايدراتية تحت الظروف اللاهوائية يتسبب عنه تكوين الأحماض العضوية والكحولات والغازات مثل ك ا$_{٢}$ والايدروجين والميثان، والأخير يتكون تحت الظروف اللاهوائية فقط فإذا لم تتأكسد هذه الأحماض العضوية والكحولات فإنها تتراكم فى التربة وتقلل من خصوبتها ، لذلك فإنها إما أن تتأكسد تحت الظروف الهوائية بواسطة البكتريا الهوائية إلى ثانى أكسيد الكربون وماء وإما أن تتحلل تحت الظروف اللاهوائية ، ومن بين هذه ميكروبات الميثان ، وتوصف بأنها بكتريا غير هوائية حتما ، سالبة لصبغة جرام ، منتشرة فى الطبيعة، ومن الصعب عزلها فى مزارع نقية ، وتحلل مواد عضوية متنوعة ، وفى معظم الحالات يكون نواتج التحليل ك ا$_{٢}$ ، ك يد$_{٤}$ فقط . ونسبة الأول إلى الثانى تختلف باختلاف المادة المتحللة ، وتكون هذه النسبة أعلى كلما كانت المادة الأصلية أكثر تأكسداً كما يتضح من الآتى :

ك يد$_{٣}$ ـ ك ا ا يد ← ك ا$_{٢}$ + ك يد$_{٤}$

٤ك يد$_{٣}$ ا يد ← ك ا$_{٢}$ + ٣ك يد$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا

ومن أمثلة بكتريا الميثان Methanobacterium omelianskii وهذا الميكروب يستعمل ك ا$_{٢}$ فى أكسدة المادة العضوية . فإذا استعملت مادة

كحول الايثيل فى وجود ك ا$_٢$ أو الكربونات نجد أن كحول الايثيل يتحلل جزئيا ويتأكسد إلى حامض الخليك كما فى التفاعل الآتى :

٢ك$_٢$يد$_٥$ ايد + ك ا$_٢$ ← ٢ك يد$_٣$. ك اا يد + ك يد$_٤$

وفى الواقع أن تكوين الميثان ينشأ من ك ا$_٢$ وليس من الكحول ، وقد أمكن إثبات ذلك باستعمال النظائر المشعة Radio active elements التى يطلق عليها أيضاً Tracers أو Isotopes كما يتضح من الآتى :

٢ك$_٢$يد$_٥$ ايد + ك* ا$_٢$ ← ٢ ك يد$_٣$. ك اا يد + ك* يد$_٤$

ومن الملاحظ فى كتابة المعادلات الكيماوية أن يميز العنصر المشع بعلامة * كما سبق . وقد يتأكسد الميثان هوائيا إلى ك ا$_٢$ + يد$_٢$ا وذلك بفعل بكتريا Methanomonas

ك يد$_٤$ + ٢ ا$_٢$ ← ك ا$_٢$ + ٢ يد$_٢$ ا

كما ذكرنا سابقا أن فائدة هذه العملية هى تحليل الأحماض العضوية وكذلك الكحولات التى تتراكم فى التربة باستعمال ك ا$_٢$. وقد تستعمل بعض الميكروبات الأخرى النيترات والنتريت والكبريتات تحت الظروف اللاهوائية للحصول على الطاقة لأكسدة المواد العضوية الكربوايدراتية فتختزل المواد السابقة الذكر على حساب أكسدة الكربوايدرات .

ن ا$_٣^-$ ← ن ا$_٢^-$ ← ن يد$_٣$

كب ا$_٤^=$ ← كب ا$_٢$ ← يد$_٢$ كب

وفى هذه الحالة فإن التفاعل لايتم إلا إذا توافرت هذه المركبات (النيترات والكبريتات) وإن حدث فإنه يحصل افتقار إلى هذه المواد الهامة وهى موجودة بكميات محدودة ولكن فى الحالة السابقة أى فى وجود بكتريا الميثان تتأكسد المادة العضوية (أحماض وكحولات باستعمال ثانى

أكسيد الكربون الذى يوجد بوفرة فى التربة ومن ذلك يتضح أهمية الميثانوبكتر فى الأراضى .

تأثير ثانى اكسيد الكربون على معادن التربة

"Influence of CO_2 on Soil minerals"

تتحلل المواد العضوية كما سبق القول منتجة $\text{كا}_{٢}$ وهذا من شأنه أن يزيد من درجة تركيز أيون الايدروجين

$$\text{كا}_{٢} + \text{يد}_{٢}\text{ا} \rightarrow \text{يد}_{٢}\text{كا}_{٣}$$

$$\text{يد}_{٢}\text{ك ا}_{٣} \longrightarrow [\text{يد}]^{+} + [\text{يد ك ا}_{٣}]^{-}$$

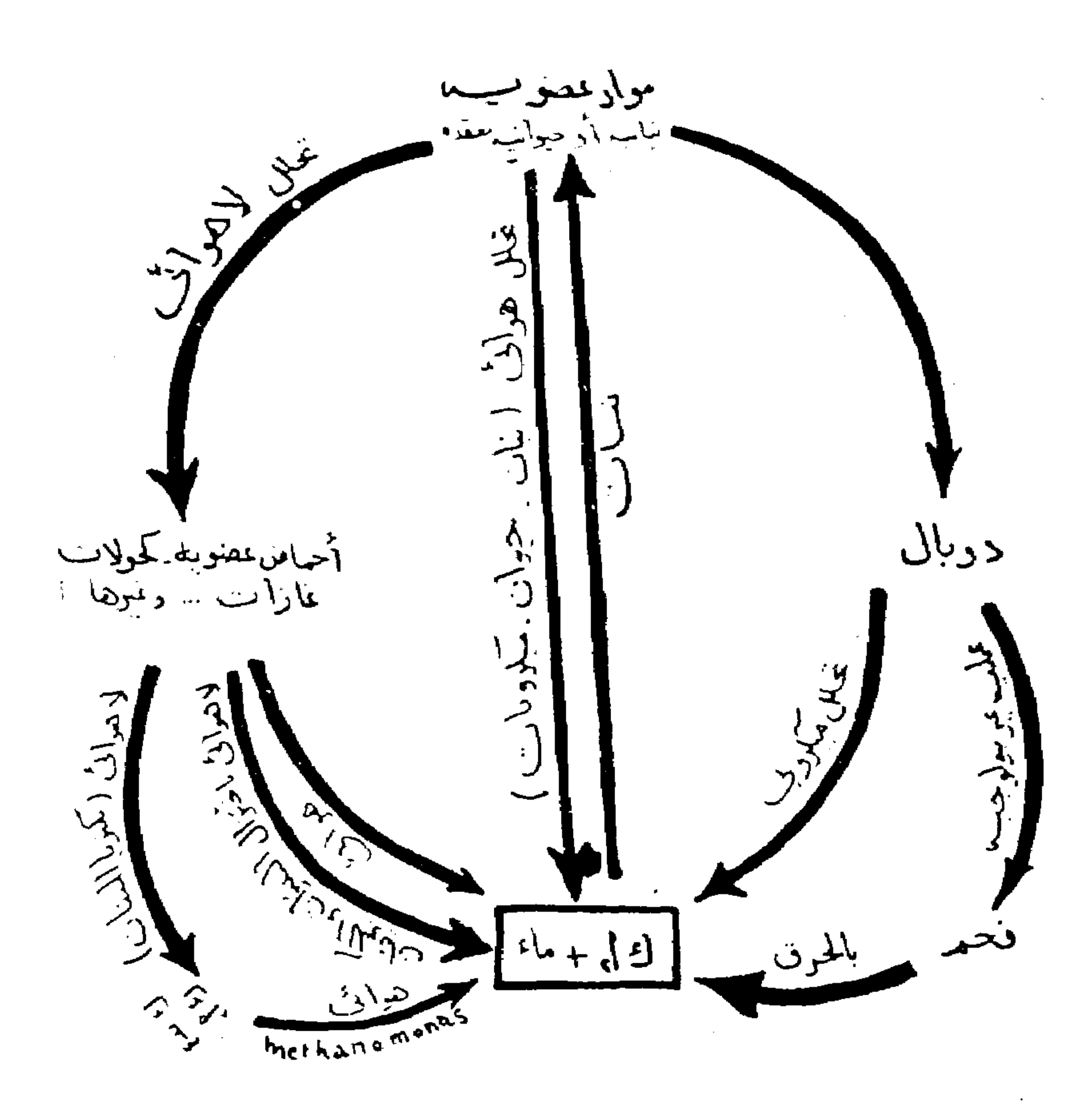
وزيادة تركيز أيون الايدروجين فى التربة بسبب زيادة قابلية كثير من المعادن على الذوبان ، وخصوصا الفوسفات والسليكات وبالتالى يساعد النباتات على الحصول على العناصر اللازمة لها ، وفيما يلى التفاعل الذى يوضح ذلك :

$$\text{كا}_{٣}(\text{فو ا}_{٤})_{٢} \text{ «عديم الذوبان» } + ٢\,\text{يد}_{٢}\text{ك ا}_{٣} \longrightarrow ٢\,\text{كا يد فو ا}_{٤} + \text{كا}(\text{يد ك ا}_{٣})_{٢}$$

$$\text{ص}_{٢}\text{س ا}_{٣} + ٢\,\text{يد}_{٢}\text{ك ا}_{٣} \longrightarrow ٢\,\text{ص يد ك ا}_{٣} + \text{يد}_{٢}\text{س ا}_{٣}$$

$$\text{يد}_{٢}\text{س ا}_{٣} \longrightarrow \text{يد}_{٢}\text{ا} + \text{س ا}_{٢}$$

وعلى ذلك فزيادة $\text{كا}_{٢}$ بالتربة من شأنها زيادة قابلية المركبات إلى الذوبان وبالتالى إلى توفير العناصر اللازمة للنبات على الصورة الصالحة لتغذيته مثل الفوسفات والسلكات والبوارت (أنيونات) كما يعمل على زيادة تركيز كثير من الكتيونات بالتربة مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .



دورة الكربون

(شكل ٢٢)

الباب السابع

فعل ميكروبات التربة فى المواد العضويه الآزوتية ودورة الآزوت

"Decomposition of Proteins and Nitrogen Cycle"

يضاف إلى التربة الزراعية النيتروجين على صورتين ، إحداهما غير عضوية على هيئة أسمدة نيتراتية أو نشادرية أوسيانميد ، وغيرها ، أما الثانية فهى عضوية وهذه تشمل بقايا النباتات مثل الحشائش والأوراق والجذور والأسمدة الخضراء ، والأسمدة العضوية كالسماد البلدى والسماد العضوى الصناعى ومتخلفات الحيوانات كالبول والروث ومياه المجارى ثم الميكروبات الميتة. وسنتكلم على فعل الميكروبات المختلفة فى المواد الآزوتية السابق ذكرها مبتدئين بالمادة العضوية الآزوتية وأهمها البروتين .

تحليل البروتين فى التربة

يضاف البروتين إلى التربة عن طريق بقايا النباتات والحيوانات والأسمدة العضوية . وفيما يلى النسبة المئوية للمواد البروتينية الموجودة فى بقايا النباتات والأسمدة العضوية محسوبة بطريقة كداهل (النيتروجين الكلى مقدراً بطريقة كداهل × ٦٫٢٥)

بقايا النباتات غير البقولية حوالى ١٫٥٪ بروتين .

بقايا النباتات البقولية والأسمدة العضوية من ١٥ — ٢٠ ٪ بروتين

كسب بذرة القطن وبعض متخلفات الحيوانات مثل الدم المجفف من ٣٠ — ٦٠ ٪ بروتين

تتحلل المواد البروتينية فى التربة الزراعية بفعل الميكروبات وتتكون فى النهاية الأمونيا، وهذه العملية تسمى النشدرة Ammonification . وتحلل البكتريا البروتينات بواسطة إنزيماتها على درجات فتكون أولا بروتيوزات ثم بيتونات ثم عديدة البيتيدات ثم البيتيدات ثم الأحماض الأمينية :

بروتينات ← (بروتيناز Proteinase) ← عديدة البيتيدات ← (Polypeptidases) ← بيتيدات ← (Peptidases) ← أحماض أمينية

وبعض الميكروبات قادرة على تحليل البروتين . وبعضها غير قادر ، فمثلا Streptococcus ، Lactobacillus لا تحلل البروتينات وهى حية ، ولكن يتم ذلك بعد موتها، إذ تخرج الإنزيمات المحللة للبروتينات من الخلايا. ولكن بعض البكتريا الحية الأخرى تحلله وتسمى Proteolytic bacteria فتهضم البروتين وتحلله إلى أحماض أمينية للتغذية وللحصول على الطاقة . وتفرز البكتريا التى تحلل البروتينات أنزيمات خارج جسمها « إنزيمات خارجية Exoenzymes » وبعض البكتريا التى لاتحلل البروتينات تسمى Non-proteolytic bacteria قد تستطيع أن تستخدم الأحماض الأمينية لإمدادها بالطاقة اللازمة لحياتها .

ويستدل على مقدرة الميكروب فى تحليله للبروتينات بالتلقيح فى بيئة الجيلاتين المغذى فإذا أذابها (سيولة الجيلاتين) فإن ذلك يدل على أن الميكروب يستطيع هضم البروتينات ، كذلك بتلقيح بيئة لبن عباد الشمس فإذا ذابت الخثرة المتكونة ويتحول لون عباد الشمس إلى الأزرق نتيجة لتراكم الأمونيا فأن هذا يدل على مقدرة الميكروب فى تحليل البروتين أيضاً

وتتحلل الأحماض الأمينية بطريقتين :

١ — انتزاع ك ا٢ "Decarboxylation" من مجموعة الكربوكسيل [ـ ك ا ا يد ← ك ا٢]

مثال ذلك ر . ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) ← ر . ك يد٢ . ن يد٢ + ك ا٢

ر ك يد٢ - ن يد٢ + يد٢ ا ← ر ك يد٢ ا يد + ن يد٣ .

٢ — انتزاع مجموعة الأمينو Deamination

فى هذه العملية تفصل مجموعة الأمينو من الحامض الأمينى وتحول غالبا إلى أمونيا [ن يد٢ ← ن يد٣]

مثال ذلك ر . ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + ا ← ر - ك ا . ك ا ا يد + ن يد٣

وقد يجرى انتزاع مجموعة الأمينو بعدة طرق كالآتى :

١ — الأكسدة Oxidative

ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + ا ← ر - ك ا - ك ا ا يد + ن يد٣

٢ — الإختزال

ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + ٢ يد ← ر - ك يد٢ - ك ا ا يد + ن يد٣

ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + ٢ يد ← ر - ك يد٣ + ن يد٣ + ك ا٢

٣ — عدم التشبع Desaturation

ر - ك يد٢ - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) ← ر - ك يد = ك يد - ك ا ا يد + ن يد٣

٤ — التحليل المائى Hydrolytic

(أ) ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + يد٢ ا ← ر - ك يد . ا يد . ك ا ا يد + ن يد٣

(ب) ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + يد٢ ا ← ر - ك يد٢ (ا يد) + ك ا٢ + ن يد٣

(ح) ر - ك يد (ن يد٢) (ك ا ا يد) + يد٢ ا ← ر - ك يد ا + يد ك ا ا يد + ن يد٣

ويمكن تلخيص التفاعلات السابقة فى الآتى :

ك ا ا يد - ك يد٢ - ك يد . ن يد٢ - ك ا ا يد

التحلل المائى Hydrolytic Malic acid	عدم التشبع Desaturation Fumaric	الاختزال Reductive Succinic acid	الأكسدة Oxidative Oxalacetic acid
ك ا ا يد	ك ا ا يد	ك ا ا يد	ك ا ا يد
ك يد٢	ك يد	ك يد٢	ك يد٢
ك يد ا يد	‖ ك يد	ك يد٢	ك ا
ك ا ا يد	ك ا ا يد	ك ا ا يد	ك ا ا يد

ونتيجة لتحلل البروتينات فى التربة يتكون عادة مركبات مختلفة منها الاندولات و Indol acetic acid الذى يعمل على تشجيع النمو للنباتات فهو إحدى الهرمونات أو الأكسينات Auxins التى تؤثر على نمو النباتات .

وإذا كانت المادة العضوية المضافة للتربة الزراعية غنية بالبروتينات فإن الأمونيا تتراكم نتيجة لتحللها بالميكروبات ، وتشبه فى ذلك الحيوانات التى

لو غذيت على مواد عضوية غنية بالبروتينات فإن اليوريا تفرز بكمية كبيرة فى البول .

وبما أن البروتينات تحتوى على ك ، ن ، كب ، فو فإن النواتج النهائية لتحللها هى ك أ$_2$ ، يد$_2$ أ ، ن يد$_3$ الذى يتأكسد إلى ن أ$_3$ ، يد$_2$ كب الذى يتأكسد إلى كب ثم يد$_2$ كب أ$_4$ ، فو أ$_4$.

وتلعب درجة حموضة التربه دوراً فى تشجيع بعض أنواع الميكروبات المحللة للمواد العضوية البروتينية فمثلا تحت الظروف الحامضية تكون الفطريات هى الغالبة أما فى الظروف القلويه أو التى تميل إلى التعادل فإن البكتريا يكون لها السيادة .

الميكروبات التى تحلل البروتينات :

(ا) الميكروبات الهوائية :

١ — بكتريا عصوية متجرثمة مثل B. subtilis, B. mycoides

٢ — بكتريا غير متجرثمة تبع جنس Pseudomonas

مثل Ps. fluorescens

وجنس Proteus مثل Proteus vulgaris

٣ — الأكتينوميسس

٤ — الفطريات

(ب) الميكروبات اللاهوائية :

وتشمل Proteolytic Clostridia

مثل Cl. sporogenes

تحليل اليوريا

تقوم بعض الميكروبات بتحليل اليوريا التى توجد فى بول الإنسان والحيوان وذلك بإفراز أنزيم اليورياز .

ك ا (ن يد٢ / ن يد٢) —يورياز→ ك ا٣ (ن يد ٤)٢ ← ك ا٢ + ٢ ن يد٣ + يد٢ ا
+ ٢ يد٢ ا (كربونات أمونيوم)

السيانميد Cyanamide سماد يضاف إلى التربة ويتحلل إلى أمونيا والسيانميد يتحول أولا إلى يوريا بواسطة تفاعل كيماوى تحت بتأثير عوامل مساعدة، أو قد يتبلمر Polymerize إلى Dicyanodiamide خصوصا عند وجود عوامل مساعدة مثل ح كل٣ والتربة غنية بالعوامل المساعدة التى تساعد فى تحليل السيانميد إلى يوريا، ثم تحلل هذه بواسطة ميكروبات التربة إلى أمونيا ، ثم تتحول الأمونيا إلى نيترات تحت تأثير بكتريا التأزت .

١ — ك ن - ن كا + ٢ يد٢ ا ← ك ن . ن يد٢ + كا (ا يد)٢
سيناميد الكالسيوم + ماء ← سيناميد + أيدروكسيد الكالسيوم

٢ — ك ن . ن يد٢ + يد٢ ا ← (ن يد٢)٢ ك ا
سيناميد + ماء ← يوريا

٣ — (ن يد٢)٢ ك ا + ٢ يد٢ ا ← (ن يد٤)٢ ك ا٣
يوريا + ماء ← كربونات النشادر

٤ — (ن يد٤)٢ ك ا٣ + ٤ ا٢ —بكتريا التأزت→ ٢ يد ن ا٣ + ك ا٢ + ٣ يد٢ ا

ومن الميكروبات التى تحلل اليوريا إلى أمونيا الآتى :

١ — Bacillus pasteurii وهو ميكروب عصوى متجرثم بجرثومة طرفية مستديرة

١ ٢ ٣

١ — خلية خضريه
٢ — اسبورانجيوم
٣ — جرثومه

Bacillus pasteurii
(شكل ٢٣)

متبعجة ويوجد فى التربة الزراعية . وينمو على البيئات القلوية . هذا ويوجد أيضاً حوالى ٥٠٪ من الميكروبات المسماة B. sphaericus تستطيع أن تحلل اليوريا إلى أمونيا ، ويمكن الكشف عن ذلك باستعمال محلول مائى لليوريا + دليل الفينول الأحمر ثم يضبط التأثير إلى الناحية الحامضية (اللون الأصفر) ثم يضاف معلق الميكروب وتترك الأنبوبة فى الحاضن على درجة ٣٠°م ، فبعد حوالى ساعة نلاحظ أن الدليل بالأنبوبة تغير إلى اللون الأحمر دليلا على تحلل اليوريا إلى أمونيا .

٢ — Sarcina urea وهى ميكروبات كروية فى مكعبات ، وتمتاز عن غيرها من هذا الجنس بأنها متحركة بفلاجلات ومتجرثمة موجبة لصبغة جرام، وتوجد فى التربة بكمية وفيرة عن B. pasteurii ولكن نشاطها أقل، تنمو على البيئات الصلبة منتجة مجموعات ذات لون أصفر أو أحمر .

٣ — الفطريات تستطيع كثير من الفطريات إفراز إنزيم اليورياز وبذلك تقوم بتحليل اليوريافى التربة أيضاً إلى أمونياوهى مهمة فى الأراضى الحامضيةالتأثير . وفى هذا المجال تجدر الإشارة إلى أن بعض النباتات الراقية غنية فى أنزيم اليورياز .

Sarcina urea
(شكل ٢٤)

نسبة الكربون إلى النيتروجين بالمادة العضوية

تتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية ثم إلى أمونيا كما تتحلل المواد الأزوتية الأخرى إلى أمونيا أيضا وتسمى هذه العملية « نشدره » .

وتبنى الميكروبات مادتها من نتيروجين المواد الآزوتية فى التربة وعليه فإنه يثبت جزء أو كل النيتروجين مؤقتاً فى أجسام هذه الكائنات .

ويتوقف الناتج على مقدار ماتحتويه المادة العضوية من نتروجين . ويمكن القول عموما أن الأمونيا تتصاعد بعد أن تستكفى الكائنات الدقيقة حاجتها من المواد الأزوتية ، وهذا طبعاً يعتمد على نسبة ك : ن (C/N ratio) فى المواد العضوية.

لذلك يتوقف تصاعد الأمونيا على الآتى : —

١ — عدد الميكروبات

٢ — النسبة المئوية للنيتروجين فى المادة العضوية . وتتصاعد الأمونيا فى حالة ما إذا كانت نسبة النيتروجين فى المادة العضوية كبيرة . أما إذا كانت قليلة فإن الأمونيا لن تتصاعد . فضلا عن أن نمو الميكروبات سيكون محدوداً وتتناسب نمو الميكروبات طرديا مع نسبة الآزوت فى المادة العضوية وتراعى عادة القاعدة الآتية : —

إذا كانت نسبة $\frac{ك}{ن}$ واطئة أى ه أكثر من ١٫٧ ٪ فى المادة العضوية فإن الأمونيا تتصاعد ،

وإذا كانت نسبة $\frac{ك}{ن}$ عالية أى أن ه أقل من ١٫٧ ٪ فى المادة العضوية فإن الأمونيا لا تتصاعد ويتكون بروتين ميكروبى فقط ، أى أن البكتريا تخزن البروتين مؤقتا لحين موتها وتحللها إلى أمونيا .

وبقايا النباتات والحيوانات تتحلل بفعل الميكروبات ؛ فبعضها يتحلل سريعا كالبروتينات ، والأخرى يتحلل ببطء كبير مثل الشموع والدهون واللجنين ، وهذه تكون مع بروتينات الميكروبات مايعرف بالمواد العضوية بالتربة الزراعية وتشغل الدوبال .

الجزء الذى يذوب فى القلويات من الدوبال نجد أن $\frac{ك}{ن} = \frac{١٢-١٠}{١}$

بينما هذه النسبة فى بقايا النباتات $= \frac{٤٠-١٥}{١}$ فيكون النتيجة إذن خفض

هذه النسبة إلى $\frac{١٢-١٠}{١}$

ويتحلل الدوبال ببطء ظاهر إلى ثانى أكسيد الكربون وأمونيا ، ويتضح من ذلك أنه المخزن الذى يستمد منه النباتات باستمرار المواد الغذائية اللازمة له .

ويتكون ال Peat فى التربة الحامضية التأثير ذات الرطوبة العالية ، وهناك يقف فعل الميكروبات وتكون نسبة $\frac{ك}{ن}$ عالية جداً ، ويتراكم باستمرار ومنه تكون الفحم فى العصور الغابرة .

وبمعرفة طبيعة الميكروبات التى تحلل مادة عضوية — والتركيب الكيماوى لخلايا هذه الميكروبات والطاقة التى تحصل عليها والتركيب الكيماوى للمادة العضوية المتحللة والظروف المحيطة من درجة حرارة ورطوبة وحموضة . . ألخ يمكن أن نستنتج النواتج النهائية لعملية التحلل التى ستتكون وكذا سرعة تكونها وتجميعها .

الفطريات تستعمل المواد العضوية كمصدر للطاقة ولتغذيتها ، فتمثل فى هيفاتها وجراثيمها ٢٠ — ٥٠٪ من كربون المادة العضوية ، أما باقى الكربون فإنه يتحول إلى ثانى أكسيد الكربون أو يترك بالتربة على هيئة دوبال يتحلل ببطء . وللسهولة يمكن اعتبار أن الفطريات تمثل فى خلاياها ٣٥٪ من كربون المادة العضوية المتحللة — أما البكتريا فإنها تمثل نسبة أقل من الكربون عن الفطريات ، ويتراوح تمثيلها للكربون من ١ — ٣٠٪ من

كربون المادة العضوية بمتوسط قدره حوالى ٧ ٪ وهذا العدد ملائم لكثير من أنواع البكتريا ، اما الاكتنوميسيس فإن قدرتها على تمثيل الكربون تأخذ حداً وسطا بين البكتريا والفطريات ، فتمثيلها يتراوح بين ١٥ — ٣٠ من كربون المادة العضوية .

ولا يمثل عادة الكربون بمفرده ، ولكن كميات كبيرة من النيتروجين تمثل أيضا معه لتكوين بروتين (خلايا) هذه الميكروبات . وعادة تحتوى الميكروبات من حوالى ٤٥ — ٥٤ ٪ كربون وللسهولة يمكن اعتبار أن خلايا الميكروبات تحتوى على ٥٠ ٪ كربون محسوبة على أساس الوزن الجاف . أما محتويات الخلايا من النيتروجين ونسبتها إلى الكربون فيمكن توضيحها فى الجدول الآتى :

الميكروب	مايحتويه من نتروجين	نسبة الكربون إلى النيتروجين $\frac{ك}{ن}$
الفطريات	٣ — ٨ بمتوسط ٥	١٠ : ١
البكتريا	٨ — ١٢ بمتوسط ١٠	٥ : ١
الاكتنوميسيس	٧ — ١٠ بمتوسط ٨,٥	٦ : ١

ومن الواضح فى الجدول المتقدم أن الفطريات تمثل نسبة أقل من النتروجين لكل وحدة كربون وعليه فتمثيلها للكربون كبير .

والعملية الحسابية الآتية نضربها على سبيل المثال . عند تحلل مواد كالسليولوز والقش ودريس البرسيم الحجازى والدم المجفف بالفطريات . وللتسهيل سنفرض أن كل المادة العضوية ستحلل أى لن يبقى منها شىء بدون تحلل ، ومن المعروف أن ذلك طبعاً لا يحدث بالتربة الزراعية ، ولكن الخطأ الناتج من هذا الفرض ليس بالكبير ، حيث أنه لن يغير كثيراً فى النتيجة النهائية .

١ — السليولوز : حرث ١٠٠ رطل من السليولوز بالتربة وهذا يحتوى

على ٤٥ ٪ كربون فلو فرضنا أن ٣٥ ٪ من الكربون يمثلها الميكروبات فيكون الحل كالآتى : —

فى كل ١٠٠ رطل سليولوز يوجد ٤٥ رطل كربون .

٣٥ ٪ من هذا الكربون تمثلها الميكروبات .

∴ مقدار ماتمثله هذه الميكروبات = ٤٥ × $\frac{٣٥}{١٠٠}$ = ١٥ر٧٥ كربون

ولكن عند تمثيل ١٠ أجزاء من الكربون يمثل جزىء واحد من النتروجين (بفرض أن الفطر هو الذى سيقوم بالتحلل).

∴ مقدار ماتمثله هذه الميكروبات من أزوت ١٥ر٧٥ × $\frac{١}{١٠}$

= ١٫٥٧٥

وحيث أن السليولوز لايحتوى على نتروجين ، فيكون هناك نقصا فى النتروجين الذى يجب إضافته إلى البيئة أو إلى التربة التى يحدث بها هذا التحلل.

٢ — البرسيم: إذا حرثنا برسيم قلب بالتربة الزراعية ليضيف مثلا ١٠٠ رطل مادة عضوية (على أساس الوزن الجاف) إلى التربة — وإذا كانت هذه المادة العضوية تحتوى على ٤٠ ٪ كربون ، ٢½ ٪ نتروجين فانها تمثل بالميكروبات على النطاق الآتى : —

٤٠ رطل كربون × ٣٥ر٠ (إذا فرضنا أن ٣٥ ٪ من الكربون تثبت فى أجسام الميكروبات والباقى (٦٥ ٪) يتحلل إلى $ك أ_٢$) = ١٤ رطل كربون مثبتة . وإذا كانت النسبة $\frac{ك}{ن}$ فى خلايا الميكروبات = $\frac{١٠}{١}$

أى أن كل عشرة وحدة كربون تحتاج إلى وحدة واحدة نتروجين فإن

كمية النتروجين المثبتة فى أجسام الميكروبات = ١٤ × ١ر٠ = ٤ر١ رطل نيتروجين مثبت .

وحيث أن المادة العضوية تحتوى على ٢½ رطل نتروجين فتكون الزيادة = ٥ر٢ — ٤ر١ = ١ر١ رطل نتروجين زائدة عن حاجة الميكروبات، وهذه تتحلل إلى أمونيا ← $نا_٢$ ← $نا_٣$ وهذه تفيد التربة الزراعية ولا تشعر النبات بأى نقص فى أملاح النتروجين .

٣ — التبن : إذا أضيف للتربة ١٠٠ رطل قش القمح (التبن) مثلا ، هذا طبعا فقير فى النتروجين، إذ يحتوى على ٣٧٪ كربون ، ٥ر٠٪ نتروجين. وإذا فرضنا أن ٣٥ ٪ من الكربون تثبت فى أجسام الميكروبات ، وكذا نسبة الكربون / النتروجين ١٠ : ١ كما فى المثل السابق فان : —
كمية الكربون المثبتة فى أجسام الميكروبات = ٣٧ × ٣٥ر٠ = ٩٥ر١٢ رطل

كمية النتروجين اللازم لتثبيت ٩٥ر١٢ رطل كربون = ٩٥ر١٢ × ١ر٠ = ١,٢٩٥ رطل نتروجين ولكن المادة المضافة (التبن) تحتوى فقط على ٥ر٠٪ نتروجين ، أى نصف رطل ، لذلك يوجد نقص فى النتروجين بمقدار ٧٩٥ر٠ رطل . وفى هذه الحالة تفتقر التربة إلى الأزوت ، حيث أن الميكروبات ستجهز على أملاح النتروجين فى التربة الزراعية ($ن أ_٣$ ، $ن يد_٣$) ، الأمر الذى يجعل التربة فقيرة إليها ويشعر النبات بنقص فيها ، ولا بد من إعطاء النباتات فى هذه الحالة الأسمدة الأزوتية . هذا الافتقار مؤقت ، إذ أن الميكروبات عندما تموت ، تتحلل خلاياها وتعطى التربة ما أخذته من نتروجين وكربون وعناصر أخرى ثابتة .

٤ — الدم المجفف : إذا أضيف إلى التربه ١٠٠ رطل من دم مجفف يحتوى على ٤٠٪ كربون ، ١٠٪ نتروجين ، فتكون كمية الكربون الممثلة

$$= ٤٠ \times \frac{٣٥}{١٠٠} = ١٤ \text{ رطل.}$$

كمية النتروجين الممثلة = ١٤ × $\frac{١}{١٠}$ = ١٫٤ رطل

الزيادة من النتروجين = ١٠ — ١٫٤ = ٨٫٦ رطل نتروجين

ومعنى ذلك أنه سيكون بالتربة زيادة قدرها ٨٫٦ رطل نتروجين وهذه تتحلل إلى أمونيا نتيجة لعملية النشدرة .

وبالمثل يمكن حساب هذه المسائل عندما تقوم البكتريا أو الاكتنوميسيس بالتحلل .

وتمثيل الميكروبات للنتروجين مؤقت وليس دائم إذ أن الميكروبات بعد موتها تتحلل وتنتج عن ذلك الأمونيا ، التى تتأكسد إلى نترات وبالتالى تفيد النباتات وتتم هذه العملية ببطء .

ويمكن تلخيص تحلل المواد العضوية بالتربةالزراعية وتكوين الدوبال على الوجه الآتى : —

إذا حرثنا طن من المواد العضوية (وزن جاف) سواء أكان سماد صناعي أو سماد أخضر أو سماد أسطبل ، فإن الميكروبات تنشط فى التربة الزراعيةوتحلل المواد القابلةللذوبان فى الماءأولا ، ثم يلى ذلك النشا والبروتينات والهمسليولوز والسليولوز . وفى بحر ١٠ — ٢٠ يوما تحت الظروف المناسبة من الحرارة والرطوبة والتهوية فإن ١٠٠٠ — ١٢٠٠ رطل تترك بدون تحلل من ٢٠٠٠ رطل (١طن) التى أضيفت إلى التربة . وهذا الوزن الذى لم يحلل بعد عبارة عن بعض سليولوز — بنتوزانات — دهون — لجنين — كمية كبيرة من الشموع والكيوتين وكمية كبيرة من المواد الناتجة عن تمثيل ميكروبات التربة . ونجد أن معظم البروتينات الأصلية قد أختفت وتكون بدلها بروتين ميكروبى وبعض الأمونيا والنترات ، وهذا طبعا يتوقف على كمية النتروجين التى تحتويها المادة العضوية المحللة فإذا كان النتروجين موجود بنسبة أقل من ٢ ٪

فإن كمية قليلة من النتروجين تتحول إلى الصورة المعدنية أما إذا كانت نسبة النتروجين تزيد على ٢٪ فإن كمية كبيرة منه تتحول إلى أمونيا أو نترات فى بحر ٢٠ يوما تحت الظروف المناسبة .

وبعد شهر من التحلل فإن المواد العضوية الباقية بالتربة تأخذ صورة أخرى . فاذا كانت المادة العضوية الأصلية تحتوى على كمية كبيرة من النتروجين كأن تكون سماد أخضر غنى بالبروتين ، فإنه قد يبقى حوالى ٤٠٠ — ٦٠٠ رطل بدون تحلل من هذا الطن المضاف إلى التربة . والمتبقى هذا يكون عبارة على اللجنين وبعض الدهون والشموع والأحياء الدقيقة والميكروبات المتكونة نتيجة لتغذيتها على المادة العضوية والتى تتكون من بروتين همسليولوز شيتين وغيرها . والمتبقى هذا بالتربة جميعه سواء أكان فى صورة مواد ممثلة (مثل الميكروبات وأحياء التربة) أو باقى المواد العضوية التى لم تتحلل بعد تعرف بإسم المواد العضوية بالتربة أو الدوبال Soil organic matter or Humas . أما إذا كانت المادة العضوية المضافة للتربة فقيرة فى الأزوت ، كأن تكون قش قمح أو أرز (تحتوى على ½ ٪ نتروجين) فإن تحلل هذه البقايا يكون بطيء جداً ، لأن العامل المحدد فى هذه الحاله هو كمية النتروجين الموجودة بالتربة، وقدرة الميكروبات على إستخلاص هذه الكمية من النتروجين الموجودة بالتربه ومن بقايا النباتات .

وليست المواد العضويه متجانسة التركيب والتوزيع بالتربه الزراعيه ولذلك فانها عند تحللها تأخذ صور عديدة ، وعليه فان حالة هذه المواد العضويه بالتربه ليست ثابتة ولكنها دائما فى تغير مطرد ، فصورتها اليوم ليست كصورتها بالأمس . وهذه المواد العضوية تعطى دائما سيلا لا ينقطع من ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتحللها المستمر ، وطبيعيا أنه لو تركت التربه بدون زراعة فان كمية ثانى أكسيد الكربون تقل بإستمرار . وتابع الأمطار

والجفاف والحرارة والبرودة دوراً كبيراً فى تغيير خواص التربة وكذا نشاط الميكروبات بها ، وبالتالى طبيعة تحلل المواد العضوية التى تحتوى عليها ، كما أن طبيعة النباتات النامية على هذه التربه والعمليات الزراعية من شأنها أن تغير من خواص التربه ، وكذا من كمية المواد العضوية بها . فالمواد العضوية بالتربة تقل إذا لم يضاف إليها أسمدة عضوية بنسبة كبيرة ، خصوصا إذا عرفنا أن حوالى ٣٠ ملليجرام ثانى أكسيد الكربون قد تخرج من حوالى كيلوجرام من تربه متوسطة الخصوبه كل يوم لمدة ٢٠٠ يوما سنويا . وهذا يعنى أن حوالى الطن والنصف من الكربون يفقد فى العام من كل فدان الذى يحتوى على ٢ مليون رطل . ولقد أوضح Boussingault إن حوالى نصف كمية الكربون التى تحويها التربه تفقد فى حوالى ١١ عاما على هيئة ك٢ا٢ .

ومن الضرورى معرفة التركيب الكيماوى للسماد العضوى أو بقايا النباتات أو الحيوانات المضافة إلى التربه والتى تتحلل بواسطة ميكروبات التربه ، وكذا الظروف المحيطة لهذا التحلل ، وذلك لكى تحكم على سرعة تحللها وبالتالى على تكوين العناصر الضروريه اللازمة لتغذية النباتات ، وعلى كمية الدوبال المتكون بالتربة .

تأثير إضافة الأسمدة العضويه وعلاقتها بأزوت التربه

مما تقدم نعلم أن الميكروبات تحتوى على حوالى ٥٠٪ كربون ، ولكن كمية النتروجين الموجودة فى الخلايا (وزن جاف) تختلف من ميكروب إلى آخر ، فهى فى البكتريا تختلف عنها فى الفطر ، وكذا الاكتنوميسيس . ومعظم الكربون الموجود فى المادة العضوية يتحلل بواسطة البكتريا إلى ك٢ا نتيجة لعملية التمثيل ، والبعض الآخر يثبت فى أجسام الميكروبات . ولكنه لكى يثبت فى أجسام هذه الكائنات لا بد من وجود النتروجين ، إذ أن هذا الأخير يحدد النسبة التى تكون البروتين الميكروبى ، وهذا يتوقف على نسبة النتروجين

فى المادة العضويه المضافة للتربة (الأسمدة بقايا — النباتات . . .)

وهذا طبعاً إلى جوار وجود المواد الأخرى مثل الفوسفات — الكبريتات — أملاح البوتاسيوم . . الخ . فاذا كانت المادة العضوية المحللة تحتوى على أكثر من ١ر٧ ٪ نتروجين تقريبا فإنه يكون كافيا لتكوين أجسام الميكروبات « البروتين الميكروبى » ، ولكن إذا وجد بنسبة أقل من ١ر٧ ٪ فى هذه الحاله تفتقر التربه الزراعيه إلى الازوتات لأن الميكروبات تثبت النتريت — النترات — أملاح النشادر الموجودة فى التربه ، الأمر الذى يسبب نقصا فى هذه الأملاح التى لاغنى عنها للنباتات . ويجب أن تعطى النباتات هذه الأملاح وإلا تسبب عن ذلك أمراضا فسيولوجيه واضحة على النباتات . أما إذا احتوت المواد العضويه المضافة للتربه على نسبة عاليه من الأزوت فإن الزيادة عن حاجة الميكروبات تحلل إلى أمونيا نتيجة عملية « النشدرة » ، وتتسرب إلى التربة ، وهذه تتأكسد بفعل ميكروبات خاصة إلى ن ا٢ ثم إلى ن ا٣ بواسطة عملية التأزت ، ولا يخفى ما للنترات من أهمية عظمى للنباتات .

جدول ١٤

نواتج تحلل نبات الراى عند تحلله على مراحل نموه المختلفة (تحليل النبات الاصلى انظر جدول رقم ١٣ السابق)

مراحل النمو	ك ا٢ الناتج عن التحلل بالمليجرامات	النتروجين (نشادر) الناتج عن التحلل (عملية النشدره) بالمليجرامات	كمية النيتروجين المستهلكة من التربة المضافة إلى التربة بالمليجرام (أملاح الصوديوم)
الأولى	٢٨٦٫٨	٢٢٫٢	٠
الثانية	٢٨٠٫٤	٣٫٠	٠
الثالثة	١٩٩٫٥	٠	٧٫٥
الرابعة	١٨٧٫٩	٠	٨٫٩

جدول ١٥

تأثير كمية النيتروجين الكلية التى تحتويها بقايا النبـاتات على كمية النتروجين المثبتة على هيئة نترات .

نوع جذور (بقايا) النباتات	كمية النتروجين فى الجذور	وزن الجذور المستعملة بالجرامات	النتروجين الموجود على هيئة نترات مليجرام
تربة غير معاملة	—	٥	٩٤٦،٦
شوفان	٠،٤٥	١٣٣،٢	٢٠٧،٣
حشائش نوع Timothy	٠،٦٢	٩٦،٨	٣٩٨،٤
ذرة	٠،٧٩	٧٥،٩	٥١٠،٦
برسيم	١،٦١	٣٥،١	٩٢٤،٤

يلاحظ من الجدولين السابقين أنه كلما احتوت بقايا النباتات على نسبة عالية من النتروجين كان التحلل مصحوبا بإضافة نتروجين مثبت إلى التربة الزراعية . أما إذا كانت نسبة النتروجين واطئة فان التحلل يكون مصحوبا باستهلاك أملاح النتروجين الموجودة بالتربة، ولذا يجب أن تضاف كمية من هذه الأملاح لكى لا يحدث افتقار فيها وتظهر على النباتات أعراض نقص النتروجين، وكذا للاسراع فى هذا التحلل .

وسرعة تحلل بقايا النباتات والحيوانات يمكن قياسها بواسطة عدة طرق، وهذه الطرق مبنية على نواتج عملية التحلل — إختفاء مواد خاصة تحتويها البقايا النباتية أو الحيوانية المحللة مثل السكريات أو السليولوز أو البنتوزانات أو مواد نيتروجينية خاصة أو ظهور مواد غير قابلية للتحلل مثل اللجنين، وتحولها إلى دوبال . ويشاهد من الجدول رقم ١٦ أنه يمكن استعمال نتيجة زيادة كميه الرماد كوسيلة لقياس سرعة تحلل بقايا عيدان الذرة المستعملة .

جدول ١٦

التغييرات الكيماوية التى تحدث بعيدان الذرة عند تحللها بواسطة الميكروبات .

التركيب الكيماوى	الميدان الأصلية قبل بدء التجربة	عدد أيام ونسبة التحلل			
		٢٧	٦٨	٢٠٥	٤٠٥
		٪	٪	٪	٪
المواد الذائبة فى الأثير	١،٨٠	٢،٢٢	٠،٨٠	٠،٦٤	٠،٢٥
المواد الذائبة فى الماء البارد	١٠،٥٨	٣،٤٣	٥،٢٧	٣،٩٦	٤،٥٩
المواد الذائبة فى الماء الساخن	٣،٥٦	٢،٤٥	٣،٢٠	٥،٣٦	٨،٧١
الهمسليولوز	١٧،٦٣	١٥،٥٦	١٦،٤١	١٠،٦٨	١٠،٣٩
السليولوز	٢٩،٦٧	٢٣،٨٠	٢١،٩٣	٦،٢٨	٥،٠٥
اللجنين	١١،٢٨	١٧،٧٠	١٩،١٢	٢٢،٨٣	٢١،٣٠
البروتين الخام	٢،٥٠	٤،٨١	٦،٨٤	١٠،٩٣	١٢،١٢
الرماد	٧،٥٣	—	—	٢٦،١٢	٢٩،٤٣

جدول ١٧

تحلل ٢/١ جرام من المواد البروتينية وتكوين الامونيا بالمليجرام نتيجة لعملية النشدرة فى مدة ٤٠ يوما .

المادة البروتينية	بكتريا محللة للبروتينات	الميكروبات المستعمله		
	Bacterium	B. subtilis	Streptomyces	Rhizopus
الجلاتين	٢٥،٤٥	٤٢،٨٢	٣٩،٩٩	١٨،٩٨
الكازين Casein	٢٧،٥٧	٢٣،٤٣	٢١،٨١	١٨،٥٨
الجليادين Gliadin	٢٩،٩١	١٤،٥٥	٢١،٤١	١٨،٥٩
الفبرين Fibrin	١٩،٧٦	١٨،٥٥	١٦،١٢	١٨،٥٥
الالبيومين	١٥،٧٥	١٤،٥٤	١٥،٣٥	١١،٣١
الزين Zein	٢٥،٨٦	٧،٦٨	٧،٨٧	٢،٤٣

بمقارنة الفطر والاكتنوميسيس مع البكتريا يلاحظ أن البكتريا تكون خلاياها من كميات ضئيلة من البروتينات ، ولكنها تنتج كميات أكبر من النشادر عن الفطر والاكتنوميسيس كنتيجة لعملية النشدرة .

العوامل التى تساعد على تحلل بقايا النباتات :

تساعد العوامل الآتية على تحلل بقايا النباتات بسرعة فى التربة الزراعية :

١) وجود نسبة بسيطة من اللجنين والشموع ببقايا النباتات المتحللة .
٢) وجود نسبة عالية من المواد النتروجينية .
٣) أن تكون هذه البقايا مفتتة وموزعة بالتربة .
٤) درجة تركيز أيون ايدروجين (حموضة) مناسبة .
٥) أن تحتوى التربة على رطوبة مناسبة .
٦) وجود تهوية مناسبة حيث أن ذلك من شأنه أن يشجع مجموعة خاصة من البكتريا دون غيرها .

٧) درجة حرارة عالية عادة تتراوح مابين ٣٠ — ٤٥°م .
٨) وعموما كلما كانت المواد المتحللة غير متجانسة أى مختلطة كلما كان تحللها أسرع . فمثلا إذا مزج تبن القمح مع دريس البرسيم وخلط جيداً بالأسمدة البلدية المحتوية على براز الحيوانات فإن تبن القمح يتحلل سريعا عما لو أضيف بمفرده بالتربة الزراعية .

ويلاحظ أن الأراضى المصرية عموما تعتبر فقيرة فى المادة العضوية ، فلا تزيد عادة عن ١,٥ — ٢ ٪ ، وذلك لتوافر العوامل المختلفة التى تساعد على استمرار نشاط الميكروبات مثل الحرارة المناسبة والتهوية والرطوبة وارتفاع محتويات التربه من كربونات الكالسيوم .

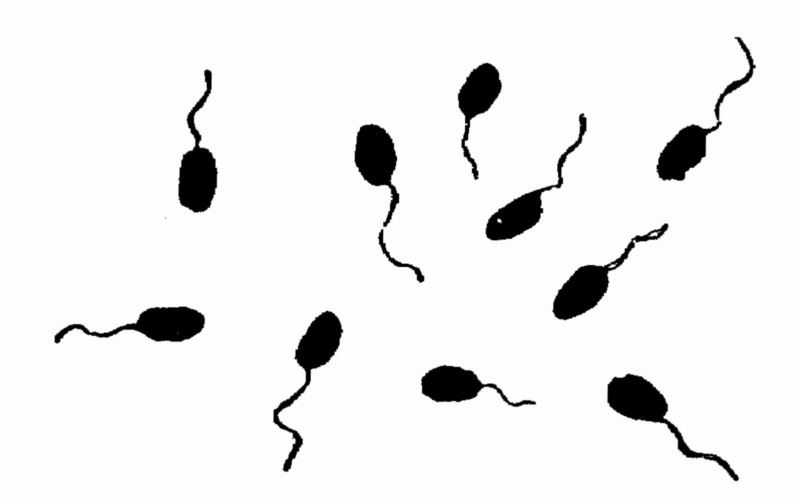
عملية التأزت البيولوجى (تكوين الأزوتيت ثم الأزوتات)

Nitrification

تتحول بالتربة الأمونيا الناتجة من تحلل المواد العضوية المحتوية على نسبة عالية من النتروجين نتيجة عملية النشدرة Ammonification أو المضافة عن طريق الأسمدة النوشادرية بالأكسدة إلى نيتريت ثم نترات تحت تأثير عمليتين تقوم بهما الميكروبات :

نتروزوموناس   نيتروبكتر

ن يد٣ ⟵ ن أ٢ ⟵ ن أ٣



شكل ٢٥
نيتروزوموناس

وبعض النباتات تستطيع تمثيل أملاح الأمونيوم مباشرة كذا الأحماض الأمينية ، ولكن معظم النباتات تفضل تمثيل أملاح النترات ، وهذا ما يجعل لهذا التفاعل أهمية كبيرة فى التربة الزراعية . وعادة عملية تكوين النترات أسرع من تكوين النشادر ، وذلك تحت الظروف العادية ، إلا إذا أضيفت مواد عضوية تحتوى على نسبة كبيرة من النتروجين . وفى هذه الحالة فإن النشادر المتكونة تزداد فى كميتها عن الأزوتات المتكونة ، الأمر الذى يسبب خسارة فى النشادر بتسربها إلى الهواء الجوى .

وعملية التأزت Nitrification تتم فى التربة على مرحلتين :

١ — تكوين الأزوتيت :

ن يد$_{٣}$ ← ن ا$_{٢}$

٢ ن يد$_{٣}$ + ٣ ا$_{٢}$ ← ٢ يد ن ا$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا + طاقة

يتم ذلك بواسطة بكتيريا نيتروزوموناس Nitrosomonas وبكتيريا نيتروزوكوكاس Nitrosococcus وهى كرية صغيرة غير متجرثمة .

٢ — تكوين الأزوتات :

ن ا$_{٢}$ ← ن ا$_{٣}$

٢ يد ن ا$_{٢}$ + ا$_{٢}$ ← ٢ يد ن ا$_{٣}$ + طاقة



شكل ٢٦
نتروززموناس

ويتم هذا بواسطة بكتيريا Nitrobacter وهى عصوية صغيرة غير متجرثمة.

وهذه الميكروبات أى الثلاثة أجناس أوتوتروفية هوائية حتما توجد فى التربة ، ويختلف عددها من بضعة مئات إلى حوالى ٢ مليون فى الجرام الواحد فى التربة ، وكلتا العمليتين عبارة عن أكسدة بأكسوجين الجو .

ولقد إقترح العالمان Kluyver & Donker الخطوات التى يتم بها أكسدة النشادر بواسطة النتروزوموناس كالآتى :

ن يد٤ ا يد ← ن يد٢ ا يد ← (ن ا يد) ← ن ا٢ يد

يد٢ ن٢ ا٢ ؟

إيدروكسيد الأمونيوم إيدروكسيل أمين حامض هيبونتريت حامض نتريت

كما أوضح نفس العالمين السابقين الصورة التى يتم بها أكسدة حامض النتريت بواسطة النتروباكتر على الوجه التالى : ـ

يد ن ا٢ ، يد٢ ا + ا ← يد ن ا٣ + يد٢ ا

فتحصل هذه الميكروبات على طاقتها من هذه الأكسدة ، وتحصل على الكربون من ك ا٢ ، وتحصل على النتروجين لتكوين خلاياها من الأمونيوم فى حالة العملية الأولى، أو من حامض الأزوتيت فى حالة العملية الثانية . والمواد الأخرى تحصل عليها من الأملاح غير العضوية — وعملية الأكسدة هى المصدر الوحيد للطاقة ، والأحماض التى تنتج (النتريت والنتريك) تتفاعل مع الأملاح الموجودة بالتربة مكونة أملاحها .

وتنتشر الميكروبات فى التربة على نطاق واسع وهى مهمة جدا كما سبق القول ، وفيما يلى العوامل التى تساعد على نشاط هذه الميكروبات : ـ

١ — الرقم الايدروجينى

وجد أن الحموضة المناسبة لنمو هذه الميكروبات من رقم ايدروجينى ٦,٥ — ٨، وتنمو ببطء فى الأراضى الحامضية ٣,٥ .pH أو القلوية. ونشاطها يكون على أشده فى التربه التى تحتوى على أملاح ومواد منظمة Buffer substances ، إذ أن الأخيرة تعادل الأحماض المتكونة ، وافتقار التربة لتلك المواد يسبب تراكم الأحماض (النتريت والنتريك) ، الأمر الذى يجعل حموضة التربة عالية ، وهذا يحد من نشاط وتنفس ونمو هذه الميكروبات كما يرى من النتائج التالية التى توضح :

العلاقة بين الرقم الأيدروجينى للتربة ومدى إنتشار بكتريا التأزت
(عن ولسون)

الرقم الأيدروجينى للتربة	عدد بكتريا التأزت
٦,٢	أقل من ١٠٠٠
٦,٤	٣٥٠٠
٦,٦	٦٢٨٠
٦,٨	٢٥٠٠٠
٧,٠	٣٥٠٠٠

يلاحظ مما سبق أنه كلما زادت حموضة التربة كلما قل عدد بكتريا التأزت

٢ — الأكسوجين

هذه الميكروبات هوائية حتما . ويقف عملها تماما عندما يكون الوسط لاهوائى، لذلك فتهوية التربة مفيد لهذه الميكروبات (العزق والحرث) .

٣ — الرطوبة

التنفس والنمو والتمثيل لهذه الميكروبات يكون مثاليا فى درجة رطوبة حوالى ٥٠ ٪ ، وجود كمية كبيرة من الماء يجعل الوسط لاهوائى ضاراً بها .

٤ — إضافة أملاح الأمنيوم

ميكروبى النتروزموناس والنتروباكتر تحتاج إلى أملاح الأمنيوم ، فالأولى تؤكسد هذه الأملاح إلى أملاح النتريت ، والثانية تؤكسد النتريت إلى نترات . وفى حالة نقص هذه الأملاح فإنها تقف عن النمو . ومصدر الأمونيا فى التربة كما نعلم من عملية النشدرة التى تجريها الميكروبات المتروتروفية التى تحلل المواد العضوية النتروجينية . كذلك تنشط هذه الميكروبات بإضافة أسمدة أملاح الأمنيوم مثل (ن يد$_4$)$_2$ كب أ$_4$ وغيرها . وفى الظروف العادية لاتترا كم أملاح النتريت فى التربة العادية ، وعادة لا تضاف أملاح النتريت كسماد لأن الكثير منها سام للنباتات . مما تقدم يرى أن أملاح النوشادر هامة جداً لهذه الميكروبات .

٥ — الحرارة

درجة الحرارة المثلى لهذه الميكروبات حوالى ٢٥°م والصغرى ١٠°م والقصوى ٣٨°م

٦ — عوامل حائلة للنمو Inhibitory agento

وجود مواد عضوية لا تحتوى على النتروجين بكثرة لا تساعد على نمو هذه الميكروبات ، كذا وجود الأملاح الضارة والزيوت توقف نشاطها .

البيئة المناسبة لتنمية ميكروبى عملية تكوين الازوتيت فى المعمل :

يستطيع هذان الميكروبان النمو فى المعمل على البيئة المتكونه من ١ ٪ سلفات الأمونيوم + الأملاح المختلفة اللازمة لنموها + كربونات الأمونيوم أو كربونات المغنسيوم (هذه تعمل على تعادل الحامض الناتج) وتجعل البيئة تميل إلى القلويه الخفيفة ٧٫٢ .

البيئة المناسبة لتنمية النيتروباكتر فى المعمل :

تتركب البيئة من ١ ٪ أملاح النتريت والأملاح المختلفة اللازمة لنموها مع تعديل البيئة إلى القلوية قليلا .

وفى كلتا الحالتين لابد من زراعة هذه الميكروبات تحت الشروط الهوائية على درجة ٢٥°م . أحيانا تستعمل السلكا الغروية لعزل هذه الميكروبات من التربة لتفادى إستعمال الأجار وهو مادة عضوية. وتحضر السلكا الغروية بإضافة حامض معدنى مثل يدكل إلى سلكات الصوديوم فتتكاثف جزيئات حامض السليسيك Silicic acid ، ويكون محلول غروى ، وللعزل تحضر البيئة الصلبة بإستعمال البيئات السابق شرحها (أى بيئة النتروزموناس أو بيئة النيتروباكتر السائلة) + حامض يدكل + سلكات الصديوم + ماء الجير. وتصب فى الأطباق ثم تعزل الميكروبات بطريقة الأطباق المخطوطة .

تجدر الإشارة هنا أن الأبحاث الحديثة أثبتت وجود بعض ميكروبات التربه التى تستطيع أن تؤكسد الأمونيا إلى نتريت مثل الاستربتوميسيس.

وبعض البكتريا العادية فى التربه . كما أثبتت أيضاً وجود بعض الفطريات التى تستطيع أن تجرى عملية التأزت ، ولقد وجد أن معظمها سلالات من الفطر Aspergillus flavus والقليل من جنس البنسليوم .

عملية التأزت غير البيولوجية

Non biological nitrification

يمكن للأمونيا أن تتأكسد إلى حامض نيتريك

ن يد٣ + ا٢ ← يد ن ا٣

وذلك على درجة حرارة عالية مع إستعمال بعض العوامل المساعدة مثل الأكسدة الالكتروليتية Electrolytic oxidation للأمونيا فى وجود Copper oxyhydrate . ويمكن أن يحدث هذا أيضاً بكميات قليلة إذا كان الجو مشبعا بالأمونيا مع وجود أيدروكسيد الحديديك . ويمكن للأمونيا أيضاً أن تتأكسد إلى حامض نيتريك بواسطة الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation ، وقد تمكن Webber & Weith من أكسدة الأمونيا بواسطة يد٢ ا٢ إلى حامض نتريت ، كذلك تتفاعل الأمونيا مع الأوزون فتعطى نترات الامونيوم .

(ن يد٣)٢ + ٤ ا٣ ← ن يد٤ ن ا٢ + يد٢ ا٢ + ٤ ا٢

ن يد٤ ن ا٢ + يد٢ ا٢ ← ن يد٤ ن ا٣ + يد٢ ا

ولقد وجد أحد العلماء الهنود أن أكسدة الامونيا وكذا أملاح الامونيا يمكن حدوثها بالتربة الزراعية بواسطة ضوء الشمس (طاقة) فى وجود Photo sensitizing substances مثل خ ا ، تى ا TiO & ZnO وهاتين المادتين من أنشط المواد لايجاد هذا التفاعل . والقلوية تساعد على هذه الاكسدة أيضا ، ولكن الحموضة لاتساعد عليها . ويقال أن هذا التفاعل يحدث بالاراضى الاستوائية ، ولكن هذه الأبحاث مازالت تحتاج إلى برهان قاطع .

واقد ذكر حدوث هذه العملية فى مياه البحار، ولهذا تعتبر أكسدة الامونيا إلى نيترات بيولوجيا هى العملية الرئيسية فى التربة الزراعية .

فقد الأزوت من التربة

هناك جملة عمليات بواسطتها يفقد الازوت من التربة تشمل الآتى :

١ — فقد بيولوجي يحدث نتيجة عمليات الاختزال وانطلاق الازوت وتمثيل الازوت فى خلايا الميكروبات . وفى بعض هذه الاحوال الفقد يكون مؤقتاً .

٢ — فقد غير بيولوجي . كالفقد الكيماوى ، والفقد بالترشيح أو الصرف والتطاير (ن يد$_3$) كما قد تثبت الامونيا وذلك بأن تدخل فى التركيب البنائى لبلورات معادن الطين Crystal lattice of clay minerals وسنتكلم عن هذه العمليات .

أولا — اختزال الأزوتات وتحرير (انطلاق) الأزوت

Nitrate reduction and denitrification

قد تختزل النترات فى التربه الزراعية تحت الظروف غير الهوائية بواسطة أنواع كثيرة من البكتريا الاوتوتروفية والهتروتروفية وهذا يحدث بطريقتين :

١ — اختزال النترات

وذلك باختزال النترات على الصورة الآتية :

ن ا$_3$ ← ن ا$_2$ ← ن يد$_3$ وأحيانا ن$_2$ ا وهو غاز

وهذه العملية يشاهد أنها عكس عملية التأزت تماما .

٢ — تحرير أو انطلاق الأزوت

وفى هذه الحالة تختزل النيترات إلى أزوت مطلق

ن ا$_{٣}$ ⟵ ن$_{٢}$

ولقد اقترح Kluyver & Donker الخطوات التى يتم بها اختزال النترات فى المعادلة الآتية :

يدن ا$_{٣}$ ⟵ يدن ا$_{٢}$ ⟵ (يدن ا)... ⟵ يد$_{٢}$ ن$_{٢}$ ا$_{٢}$ ... ⟵ ن$_{٢}$ ا ... ⟵ ن$_{٢}$

+ ٢يد   + ٢يد   Dimerization   Dissociation   + ٢يد

١ — الخطوه الاولى تتم نتيجة لفعل أنزيم النيتراتيز Nitratase . عند تكوين النيتريت تسهل العملية لان معظم الميكروبات قادرة على تمثيل النتريت وتحرير النتروجين . بعض هذه الميكروبات لاتستطيع إفراز انزيم النتراتيز ولذلك فأنها تبدأ عملية انطلاق الازوت عند وجود النتريت.

٢ — الخطوه الثانية غامضة ، ولذا وضعها العالمان كفرض ، كما افترضا أيضا ان (يدن ا) Dimerize إلى حامض هيبونتريت ، وهو مركب غير ثابت يتحلل الى أكسيد أزوتوز وماء .

والعمليتان السابقتان تحدثان تحت الظروف غير الهوائية أى فى حالة عدم وجود الاكسوجين . الميكروبات الهتروتروفية اللاهوائية اختيارا تستطيع أن تستعمل النترات كمصدر للاكسوجين وتختزلها تحت الظروف اللاهوائية ، وذلك لأكسدة المواد العضوية (استعمالها كمصدر للطاقة) مثل السكريات الاحادية والاحماض الدهنيـــة والجليسرول والاحماض الأمينية وغيرها .

والبكتريا الاوتوتروفية اللاهوائية اختيارا تستعمل النترات كمصدر للأكسوجين وتختزلها تحت الظروف اللاهوائية لأكسدة مواد أومركبات قابلة للأكسدة .

وفيما يلى بعض التفاعلات التى يحدثها النوعان المذكوران من البكتيريا :

١ — الميكروبات الهتروتروفية

(ا) ك٦ يد١٢ ا٦ + ١٢ بو ن ا٣ ←(اختزال النترات)— ١٢ بو ن ا٢ + ٦ يد٢ ا + ٦ ك ا٢ + طاقة

(ب) ٥ ك يد٣ ك ا ا يد + ٨ بو ن ا٣ ←(انطلاق الأزوت)— ١٠ ك ا٢ + ٤ ن٢ + ٦ يد٢ ا + ٨ بو ا يد

فلقد وجد أن E. coli و Cl. welchii

تستطيعان أن يختزلا النترات إلى نيتريت فى وجود مواد معطية للأيدروجين hydrogen donator بواسطة إنزيم يعرف باسم Nitratase فالهيدروجين قد يزود بواسطة إنزيم dehydrogenase مثل Formic dehydrogenase وبذلك يستطيع الميكروب أن يؤكسد حامض الفورميك تحت الظروف اللاهوائية فى وجود النترات ، وفيما يلى التفاعل الذى يوضح ذلك :

يد ك ا ا يد + يد ن ا٣ ← ك ا٢ + يد٢ ا + يد ن ا٢

فكل من الميكروبين السابقين مزود Possess بأنزيم Nitratase الذى يعمل على تنشيط النترات بجعلها قابلة للهيدروجين ، وفى وجود مواد معطية للهيدروجين فإن هذه الميكروبات تعمل على اختزال النترات إلى نيتريت ثم إلى أمونيا مع احتمال تكوين الهيدروكسيل أمين متوسطا للتفاعل

يد٢ = ٢ يد

٢ يد + يد ن ا٣ ← يد ن ا٢ + يد٢ ا

٤ يد + يد ن ا٢ ← ن يد٢ ا يد + يد٢ ا

٢ يد + ن يد٢ ا يد ← ن يد٣ + يد٢ ا

وعليه فيكون الحاصل النهائى للتفاعل :

يد ن ا٣ + ٤ يد٢ ← ن يد٣ + ٣ يد٢ ا

ولقد وجد عموما أن عنصر المولبدنوم هام لعملية اختزال النترات ، إذ أن أنزيمات ديهيدروجينيز الخاصة بالعملية تحتاج إلى هذا العنصر .

٢ — الميكروبات الاوتوتروفية

كب + يد٢ ا + ٣ بون ا٣ ⟵ (اختزال النترات) يد٢ كب ا٤ + ٣ بون ا٢ + طاقه

٥ كب + ٦ ن ا٣⁻ + ٢ يد٢ ا ⟵ (انطلاق الازوت) ٥ كب ا٤⁼ + ٣ ن٢ + ٤ يد⁺

والنتريت المتكون ربما يختزل إلى ن٢ ، أو يؤكسد ثانية بواسطة النتروباكتر إلى نترات إذا توفرت فى هذه الحالة الشروط الهوائية وعادة لا تتراكم أملاح النتريت فى التربة الزراعية .

أما ن٢ المتكون بواسطة (إنطلاق الأزوت) فإنه يتسرب إلى الجو ، أو قد تمثله الميكروبات المثبتة للنتروجين تحت الظروف اللاهوائية ، أو الهوائية . وعلى العموم فإن عمليتى إختزال النترات أو انطلاق الأزوت غير مرغوب فيهما فى التربة الزراعية بتاتا ، إذ أنهما تسببان خسارة كبيرة للنترات الهامة للنباتات ، الأمر الذى يقلل من خصوبة التربة الزراعية .

والظروف التى تساعد على حدوث العمليتين تلخص فى الآتى :

(ا) وجود الأزوتات والمواد القابلة للأكسدة بالتربة الزراعية

حيث أن معظم الميكروبات التى تحدث هذا التفاعل هى ميكروبات هتروتروفية لاهوائية أو لاهوائية إختياراً ، فإن وجود المواد القابلة للأكسدة بكثرة يساعد على اختزال النترات فى التربة الزراعية . لأن وجود هذه المواد عاده ينشأ عنه وجود الظروف اللاهوائية نتيجة لنشاط الميكروبات الزائد ، فتنمو بشدة وتستهلك الأكسوجين الموجود بالتربه .

(ب) عدم وجود الأكسوجين : وهذا يحدث عادة عند وجود كميات كبيرة من المواد العضوية كما سبق ذكره ، وكذا عن وجود كمية كبيرة من

الماء بالتربه Water-Logged soil (تربة غدقة) . وفى حالة ما إذا توفر الأكسوجين فإن هاتين العمليتين تقفا ، أى أن عدم وجود الأكسوجين شرط أساسى لحدوثهما. وتوضح العلاقة بين النسبة المئويه للأكسوجين المطلق والنيتروجين الناتج عن عملية انطلاق الأزوت كما يلى :

٪ ا، فى الجو	مليجرامات نتريت تختزل فى ٥ ساعات	النسبة المئوية
٠	١٥٦	١٠٠
٠ر٥	١١٧	٧٥
٠ر٦	٢٩	١٨
١٠	٥	٣
٢٠ (مثل الجو العادى)	صفر	صفر

من ذلك يلاحظ، أنه كلما زادت نسبة الأكسجين المطلق كلما قلت كمية النتروجين الناتجة عن اختزال النترات بعملية إنطلاق الأزوت ، حتى إذا ما وصلت نسبة الاكسوجين إلى ٢٠ ٪ ، أى مثل الجو العادى ، فإن عملية انطلاق الازوت تقف تماما .

(ح) وجود الرطوبة: وجود كمية كبيرة من الماء بالتربة يهيء الظروف اللاهوائية المناسبة للعملية .

(ء) درجة الحموضة : تكون هذه العملية مثلى فى الأراضى القريبة من التعادل ، وعملية اختزال النترات تجعل التربة عادة قلوية التأثير نتيجة لتراكم الأمونيا، كما أن اختزال حامض النتريك يؤدى نفس الغرض ولكن الواقع أن بعض البكتيريا الأوتوتروفية التى تحدث هذا التفاعل الأخير ربما تزيد من درجة الحموضة من ناحية أخرى ، نتيجة لتكون الأحماض ، مثل البكتيريا التى تؤكسد الكبريت، وعموما يمكن القول بأن التغير الناتج فى الحموضة (سواء للقلوية أو الحامضية) المتولد عن التفاعلات فى كلتا الحالتين ليس له تأثير يذكر فى عمليتى إختزال النترات وانطلاق الازوت .

(هـ) درجة الحرارة : تحدث هاتان العمليتان على درجة حرارة أعلى من درجة التجمد قليلا (صغرى) حتى تصل إلى ٧٠°م (قصوى) ، أما درجة الحرارة المثلى فهى (١٥ — ٤٥°م) حيث أن أغلب ميكروبات التربة الزراعية محبة لدرجة الحرارة الوسطى Mesophilic .

ويجب أن يعلم أن هاتين العمليتين تسببان خسارة كبيرة فى السماد العضوى ، وذلك إذا توفر وجود النترات ، أما إذا حفظ السماد العضوى مضغوطا وبه نسبة كبيرة من الرطوبة فإن هاتين العمليتين لا تحدثان ، حيث أن الأمونيا تتكون فقط ولا توجد الظروف المناسبة (ظروف هوائية) لتكوين النترات .

الميكروبات التى تسبب اختزال الازوتات :

هذه الميكروبات أنواع كثيرة من أجناس مختلفة، فمنها العصوى المتجرثم مثل Bacillus ، C. welchii ، والعصوى القصير غير المتجرثم مثل E. coli ، وغيرها من الميكروبات. ولقد اتخذت هذه الظاهرة (اختزال الازوتات) كاحدى وسائل التعرف على أنواع الميكروبات وكذا أيضا انطلاق الازوت

الميكروبات التى تسبب انطلاق الازوت :

مثل :

Serratia ،
Chromobacteria ،
Pseudomonas aeruginosa
B. stutzeri
B. licheniformis
Thiobacillus denitrificans
Micrococcus و

وغيرها من الميكروبات .

ثانيا ـ تثبيت النترات وأملاح الأمونيوم الموجودة فى التربة فى خلايا الميكروبات

Bacteria Binding soil Nitrate and Ammonium salts

يحدث أن تثبت النترات وأملاح الأمنيوم الموجودة بالتربة الزراعية بتمثيلها بالبكتريا ، وذلك فى الحالتين الآتيتين :

(ا) فى حالة وجود كمية كبيرة من المواد العضوية الفقيرة فى الأزوت ، لأن البكتريا تستعمل أملاح الأمنيوم والنترات الموجودة بالتربه لتحلل هذه المواد العضوية .

(ب) بعض الميكروبات بسيطة التغذية أى أنها تستطيع أن تكتفى بأملاح الأمنيوم كمصدر للنتروجين ومنها :

B. subtilis — B. licheniformis
B. megatherium — A. aerogenes

وعلى العموم فإن تثبيت النترات أو أملاح الأمنيوم فى خلايا هذه الميكروبات مؤقت، لأنه بعدموت هذه الميكروبات تتحلل الخلايا وتتحول إلى نترات وثانى أكسيد كربون وماء .

ثالثا ـ إنطلاق الأزوت نتيجة لتفاعل كيماوى

قد يحدث أن ينطلق الأزوت فى التربة الزراعية نتيجة لتفاعل كيماوى بحت ، وهذا يحدث مثلا مابين الأمين أو الأمونيا وحامض النتريت كما يلى :

ر . ه يد٢ + يد ه ا٢ ← ر . ا يد + ه٢ + يد٢ ا

ويسمى هذا التفاعل ڤان سليك Van Slyke

ن يد٤+ + ن ا٢− ← ن يد٤ ن ا٢ ..... ن٢ + ٢ يد٢ ا

ولقد أشار بعض الباحثين إلى أهمية التفاعل المذكور فى التربة الزراعية ، والذى يتسبب عنه خسارة كبيرة فى النترات ، بينما البعض الآخر لايرى له أهميته فى الأراضى العادية حيث أنه يحدث فى الظروف الشديدة الحموضة التى لاتتوفر فى التربه العادية .

تمثيل الميكروبات للمركبات النتروجينية فى التربة

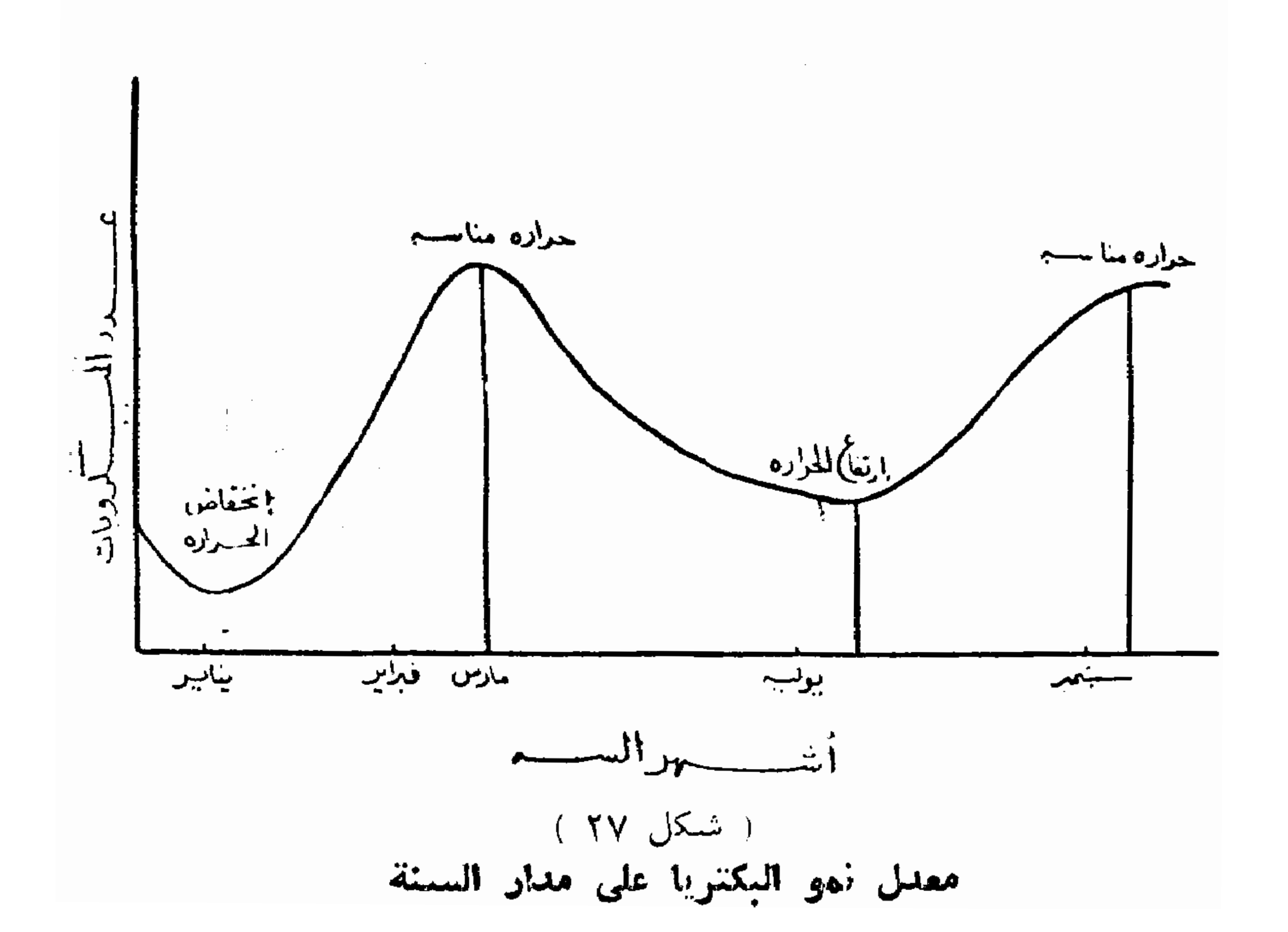
The assimilation of Nitrogen compounds by Microorganisms

تستطيع بعض الميكروبات كما سبق القول أن تمثل النترات وأملاح الأمونيوم باستعمالها كمصدر للنتروجين لتكوين خلاياها ، والبعض الآخر يمثل المواد النتروجينيــــة العضوية (البروتينات) ، وحيث أن عدد هذه الميكروبات فى التربة كبير جدا ، فيمكن القول بأن هذه الكائنات تتنافس مع النباتات فى تمثيل مركبات النتروجين ، الامر الذى قد ينشأ عنه ظهور أعراض نقص فى أملاح النتروجين على النباتات .

فى هذه الحالة لابد من إعطاء النباتات أملاح النتروجين لتعويض هذا النقص ، وربما يظهر هذا فى فصلى الربيـع والخريف (مارس وسبتمبر) حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لنمو البكتريا ، ويكون فى هذه الحالة تكاثرها سريع . ويجب أن يلاحظ أن هذا النقص فى النتروجين ظاهرى (مؤقت) ، إذ بعد موت الميكروبات تتحلل خلاياها وتتحول إلى أمونيا (نتيجة للنشدرة) ، وهذه تتحول إلى نتريت ثم نترات يستفيد منها النبات .

والمعتقد أنه ربما كان لتأثير درجة الحرارة العالية فى الصيف خصوصا فى مصر والأقاليم تحت الإستوائية تأثير كبير فى قتل كثير من الميكروبات،

الأمر الذى يسرع فى تحللها واستفادة النبات منها . وعلى العموم يجب أن تجرى بعض الأبحاث لمعرفة الوقت المناسب للتسميد والوقت الذى يكون فيه التسميد غير اقتصادى .



(شكل ٢٧)

معدل نمو البكتريا على مدار السنة

الباب الثامن

تثبيت نتروجين الجو فى التربة الزراعية

ودورة الأزوت

Nitrogen fixation in the soil & Nitrogen Cycle

عملية تثبيت الأزوت الجوى كيماويا عملية إقتصادية هامة يستفاد منها فى الصناعة .

$$\text{ن}_{٢} + ٣\,\text{يد}_{٢} \xrightarrow{\text{شرارة كهربية}} ٢\,\text{ن يد}_{٣}$$

وهذا عادة يحدث فى الهواء الجوى عند وجود البرق والرعد ، وقد يتكون أحيانا أكسيد الأزوت أيضا، وهذا يتحد مع الماء مكونا حامض نيتريك ، والذى يتحد بدوره بالأمونيا المتكونة معطيا (ن يد$_{٤}$) ن ا$_{٣}$ وهذه العملية التى تحدث فى الطبيعة حورت بواسطة Birkeland & Eyde لتخدم الأغراض الصناعية .

$$\text{ن}_{٢} + \text{ا}_{٢} \longrightarrow \text{أكسيد الازوت} + \text{ماء} \longrightarrow \text{يد ن ا}_{٢}$$

أما طريقة Haber فتمثل بتفاعل الآتى :

$$\text{ه}_{٢} + ٣\,\text{يد}_{٢} \xrightarrow[\text{٢٠٠° م على ٢٠٠ ضغط جوى}]{\text{عامل مساعد (مسحوق الحديد)}} ٢\,\text{ه يد}_{٣}$$

ويحضر سيانور الكالسيوم بتسخين النتروجين مع كربيد الكالسيوم على درجة حرارة ١٢٠٠°م .

مما تقدم يرى أننا استعملنا الطرق الصناعية فى تثبيت نتروجين الجو للحصول على مركبات النتروجين والاستفادة منها فى الأوجه المختلفة

ولا تستطيع الكائنات الحية الراقية تمثيل نتروجين الهواء الجوى ، ولكن هذه العملية مقصورة فقط على الأحياء الدنيئة. ولقد كان معتقداً فى قديم الزمان أن بعض النباتات (العائلة البقولية) تستطيع أن تمثل نتروجين الهواء الجوى ، ولكن ثبت خطأ هذا الإعتقاد واتضح أن البكتيريا التى تعيش فى جذور هذه النباتات (معيشة تعاونية) تستطيع فقط أن تمثل نتروجين الهواء الجوى .

وأول من اكتشف أن الميكروبات يمكنها أن تثبت الأزوت الجوى، هو Jodin سنة ١٨٦٢ فلقد وجد أن البيئة المحتويه على فوسفات وسكر أو حامض الطرطريك أو الجيسرول وخاليه تماما من أملاح النتروجين يستطيع أن يعيش فيها ميكروب Mycoderma . ووجد أنه إذا أحكم قفل الزجاجة التى بها الميكروب فإن النتروجين والأكسجين اللذين يستعملهما الميكروب تقل نسبته ويضعف نمو الميكروب .

ثم وجد Berthelot سنة ١٨٨٥ أن نسبة البروتينات تزداد فى التربة الزراعية المحفوظة فى قصارى وتركت بدون زراعة لعدة شهور ، ووجد أن التربة المعقمة والتربة التى تركت فترة الشتاء (برودة) لا يحدث بها مثل هذه الزيادة ، وهذا يرجع بطبيعة الحال إلى عمل الميكروبات التى تثبت الأزوت . ولقد وجد هذا العالم سنة ١٨٨٥ أخيرا أن بعض الميكروبات المعزولة من هذه التربة تستطيع أن تنمو ممثلة لنتروجين الهواء الجوى . ثم أعقبه العالم Winogradsky الذى طرق نفس الموضوع سنة ١٨٩٣، ووجد أنه إذا لقح بيئة خالية من أملاح النتروجين ومحتوية على جلوكوز بواسطة قليل من التربة الزراعية فإن نتروجين الهواء يثبت فى هذه البيئة، ووجد أن نسبة الأزوت المثبتة تتناسب طرديا مع مقدار تخمر السكر . وقد تمكن بعد ذلك من عزل الميكروب المسبب . كما وجد أن C. Pastorianum وهو ميكروب لا هوائى حتمى ونموه يحدث نتيجة لوجود كثير من الميكروبات الهوائية فى البيئة والتى تستنفذ الأوكسجين وبذلك يستطيع هذا

الميكروب أن ينمو ويثبت النتروجين (تحت الشروط اللاهوائية) فى بيئة خالية تماما من أملاح النتروجين. ولقد وجد أيضاً أنه يمكن لهذا الميكروب أن يثبت ٢ — ٤ ميلجرام نتروجين لكل جرام من الجلوكوز ، ونتيجة لتخمر الجلوكوز يتكون حامض خليك وبيوتريك ، ك ا٢ ، يد٢ . ولقد وجد Winogradsky الآتى :

١ — كمية النتروجين المثبتة تتناسب طرديا مع نسبة الجلوكوز المتخمر .

٢ — تثبيت النتروجين يقل أو ينعدم بوجود أملاح الأمونيوم ، ولكن بزيادة نسبة الجلوكوز توقف فعل أملاح الأمونيوم المضاد ، وإذا زيدت أملاح الأمونيوم مرة ثانية فإن عملية تثبيت النتروجين تنعدم ثانية ، ولقد علل فينوجرادسكى بالآتى :

عملية تثبيت الأزوت ربما تنتج من اتحاد الهيدروجين النشط (المتولد Nacent (نتيجة للتخمر) مع نتروجين الجو ، وينتج عن ذلك أمونيا ، لذلك فإن زيادة أملاح الأمنيوم فى البيئة ربما ينتج عنه إحباط هذه العملية نتيجة لقانون «فعل الكتله Law of mass action» وبزيادة الجلوكوز فإن هذا التأثير يزول حيث أنه فى هذه الحالة تنخفض نسبة الأمونيا نظراً لتثبيتها فى أجسام الميكروبات ، وفى هذه الحالة فإن التفاعل يكون فى هذا الإتجاه ←

$$ن_٢ + ٣ يد \rightleftarrows ٢ ن يد_٣$$

كما درس بردمان Bredemann سنة ١٩٠٩ تأثير النترات على ميكروب Clostridium sp. التى تثبت أزوت الهواء الجوى تحت الظروف اللاهوائية ، ووجد أن أملاح الأمونيوم والنترات تقلل من كمية النتروجين المثبتة .

ولقد علل واكسمان سنة ١٩٣١ التأثير الضار لاملاح النتروجين على عملية تثبيت الازوت عموما إلى الآتى :

١ — التأثير السام المباشر لهذه الاملاح على نمو الميكروبات التى تثبت الازوت .

٢ — تشجيع هذه الاملاح لميكروبات لها تأثير مضاد لميكروب الازوتوباكتر فى المزرعة المختلطة .

٣ — تنافس الميكروبات المختلفة مع الازوتوباكتر للحصول على الطاقة ، — وميكروب C. Pasteurianum عصوى موجب لصبغة جرام لاهوائى حتما، متجرثم بجرثومة طرفية . وفائدة هذا الميكروب عموما للتربة الزراعية هو أنه يثبت نتروجين الهواء الجوى فى خلاياه ، كما يستطيع أن يفرز مواد عضوية بروتينية ، كذلك بعد موته يتحلل إلى أمونيا بواسطة عملية النشدرة ثم إلى ن أ$_{٢}^{-}$ ثم ن أ$_{٣}^{-}$ التى تمثلها النباتات ،،

وليس ميكروب C. Pasteurianum هو الوحيد فى التربة الذى يقوم بعملية تثبيت أزوت الجو بل هناك ميكروبات عديدة تقوم بهذه العملية وتنقسم هذه الميكروبات إلى الآتى :

I Free living organism in soil — ميكروبات تعيش حرة فى التربة

A. Hetrotrophic Bacteria — (ا) بكتيريا هتروتروفية

1) Azotobacter — ١ — الازوتوباكتر

2) Beijerinckia — ٢ — بيارنكيا

3) Derxia — ٣ — دركسيا

4) C. pasteurianum — ٤ — كاستريديا

B. Autorophic organisms — (ب) ميكروبات أوتوترفية

1) Photosynthetic Bacteria — ١ — بكتريا ممثلة للضوء

٢ — طحالب خضراء مزرقة

2) Certain Algae "Blue green types"

II Symbiotic organisms — ميكروبات تعيش معيشة تبادل المنفعة مع غير

1) Rhizobium sp. — ١ — البكتيريا العقدية

and other microorganisms — وغيرها من الميكروبات

وسنتكلم عن هذه الأقسام .

الميكروبات المثبتة لآزوت الهواء الجوى
والعائشة منفردة فى التربة

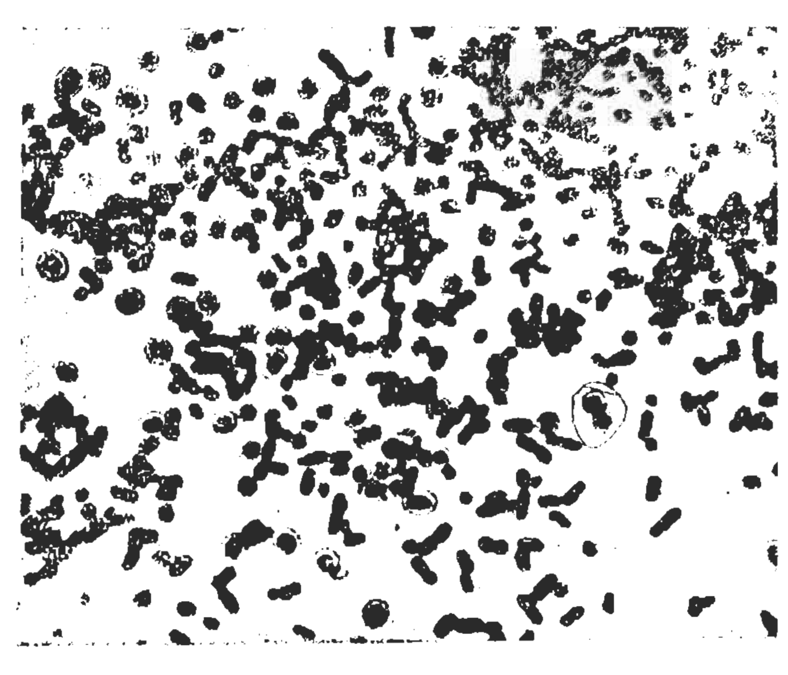
I — Free living m organisms in soil

(ا) الميكروبات الهتروتروفية

الميكروبات الهتروتروفية المثبتة للأزوت الجوى ما يأتى :

١ — الازوتوباكتر Azotobacter

هذه البكتيريا تثبت نتروجين الهواء الجوى هوائيا ، أى يشترط وجود الأوكسجين لنموها . فنى سنة ١٩٠١ تمكن العالم Beijernick من عزل نوعين منها ، أحدهما من الأرض والمجارى المائية غير متحرك ، والآخر من المجارى المائية فقط ومتحرك . وجد أنه يمكن زراعتهما فى بيئة لا تحتوى على عنصر النتروجين مع وجود مصدر للطاقة وأمكنهما أن يثبتا نتروجين الجو بكثرة .



(شكل ٢٨)
ازوتوبكتر

وتوصف الأزوتوباكتر بالآتى :

الميكروبات كبيرة الحجم بالنسبة لميكروبات التربة الأخرى، ويتراوح طولها من ٥ ـ ٧ ميكرون، وعرضها بين ٣ ـ ٤ ميكرون، وشكل الميكروب شبه كروى أو بيضى أو عصوى أحيانا ، يوجد فردياأو فى أزواج وتحتوى خليته فى بعض الأحيان على جسم يشبه الفجوة ، ويكون جداراً مخاطيا وقد يرى الميكروب بأشكال غير منتظمة .

وفيما يلى التقسيم المقترح لأنواع الأزوتوباكتر (Jensen, 1954)

(ا) متحرك ببطء أو غير متحرك ـ يكون صبغات صفراء أو بنية غامقة غير قابلة للذوبان بالبيئة ، يعيش أساسا بالتربة Typical soil inhabitants

١ — متحرك ـ الصبغة بنية فاتحة أو غامقة A. chroococcum

٢ — غير متحرك ـ الصبغة صفراء أو قد لا يكون صبغة A. beijerinckii

(ب) متحركة بسرعة ـ تكون أصبـــاغ خضراء مصفرة إلى حمراء أرجوانية ، قابلة للذوبان بالبيئة. وفى بعض الأحيان لا تكون أصباغ . تعيش أساسا بالمياه Typical water inhabitants. وتشمل:

١ — عصويات تكون حوصلات Cysts ومنها A. vinelandii

٢ — خلايا بيضية أو كروية كبيرة الحجم لا تكون حوصلات ومنها A. agile

ولعزل ميكروب الأزوتوباكتر تستعمل البيئة التى ركبها العالم بيجرنك Beijernick ، وتحتوى على المانيتول أو البروبيونات بدلا من الجلوكوز، الذى يساعد على نمو الميكروب اللاهوائى C. pasteurianum ، وتوضع البيئة فى طبقات غير عميقة فى أوعية واسعة ، وذلك لكى تعطى مساحة كبيرة تساعد على التهوية، ثم تعقم بالبخار وتلقح بحوالى ٠,١ — ٠,٢ جرام من التربة الخصبة ، ثم تحفظ فى الحاضن على درجة ٢٠ — ٣٠°م . وبعد

حوالى ٣ أيام ، تستعمل هذه فى تلقيح مزارع اخرى جديدة ، فتلقح كل منها بواسطة مقدار إبرة التلقيح ذات العقدة (حيث أن المزرعة الأولى محتوية عادة على ميكروبات أخرى كثيرة لأن الأزوتوباكتر بعد نموها تفرز إفرازات بروتينية تساعد على نمو بعض ميكروبات التربة الزراعية) . ثم يكرر هذا حوالى ٣ مرات إلى أن نحصل على مزرعة تكاد تكون نقية من الأزوتوباكتر . وفى هذه الحالة غالبا نحصل على الميكروب Azotobacter chroococcum ، وهو النوع الذى يغلب وجوده فى معظم الأراضى . كما يمكن عزل الازوتوباكتر أيضا باستعمال نفس البيئة بإضافة ٢٪ أجار (بيئة صلبة) بطريقة التخطيط .

والازوتوباكتر لايستطيع أن يحلل السليلوز أو المواد العضوية المعقدة بالتربة الزراعية ، لذلك فإنها تحصل على الطاقة اللازمة لها بالمعيشة المشتركة مع ميكروبات التربة الأخرى التى تحلل هذه المواد وتنتج السكريات والأحماض العضوية وغيرها ، والتى تستعمل كمصدر للطاقة وتستطيع بذلك أن تثبت الأزوت الجوى بالتربة .

وجد أن الازوتوباكتر يمكنها أن تثبت ١٨ مليجرام أزوت لكل واحد جرام سكر . والنتروجين يثبت فى أجسام الخلايا على هيئة بروتينات . وكلما كان الوسط خاليا من أملاح النتروجين (مثل أملاح الامونيا والنترات) فإن التثبيت يكون أكثر والعكس صحيح ، ولكن لا بد من توافر مصادر الطاقة اللازمة لها .

وعنصر الفسفور مهم جداً للأزوتوباكتر . كذلك درجة الحموضة لها تأثير كبير على نموها ، كذلك على الكلوستريديا . فهذين الميكروبين ينموان على درجة pH بين ٦ — ٨,٥ تقريبا والوسط الملائم للأزوتوبكتر يقرب من التعادل كما يرى من النتائج الآتية :

تأثير الرقم الأيدروجيني على انتشار الازوتوباكتر

الرقم الايدروجيني	أقل من ٥	من ٥ - ٥,٩	من ٦ - ٦,٩	من ٧ - ٧,٩	من ٨ - ٨,٥
عدد العينات المحللة	١٦	٢٦	١١٩	٨٥	١٨
النسبة المئوية لوجود الازوتوباكتر في العينات	صفر	١٥	٤٠	٨٥	١٠٠

يلاحظ مما سبق أن الأراضي المتعادلة أو التي تميل قليلا إلى القلوية ينتشر بها الازوتوباكتر على نطاق واسع، وذلك بعكس الأراضي الحامضية، حيث يكون انتشارها بها ضعيف أو معدوم . معظم أنواع الأزوتوباكتر تموت بسرعة في الأراضي الحامضية نظراً لحساسيتها الشديدة للتأثير الحامضي ، ودرجة الحموضة المثلى لها بين ٧ — ٨، أما ميكروب الكلوستريديا فانه أقل حساسية من الأزوتوباكتر ويستطيع أن تتحمل نطاق pH من ٥ - ٨٫٥

أما درجات الحرارة المناسبة لنمو ميكروب الازوتوباكتر وكذا الكلوستريديا فهي نفس درجات الحرارة التي تساعد على نمو المحاصيل، وهذه الميكروبات ميزوفيلية أي أن درجة الحرارة المثلى بين ٣٠ — ٣٥°م.

ومقدار ماتثبته الأزوتوباكتر في التربة الزراعية من أزوت من ٥ — ١٠ رطل في الفدان في العام، ولايخفى مالهذا من أهمية كبيرة لخصوبة التربة. ويقوم الأزوتوباكتر بتثبيت نتروجين الهواء الجوى بواسطة مجموعة من الأنزيمات تسمى Azotase ويعتبر الـ Nitrogenase أحد هذه الأنزيمات، وبواسطته يمكن لنيتروجين الهواء الجوى الاتحاد به مباشرة ، وهذا الأنزيم يحتاج إلى كالسيوم أو استرانشيوم لكي يعمل ، ولا يستطيع العمل في رقم ايدروجيني تحت درجة ٦ ، ويعمل بشدة في وجود كميات قليلة جداً من عنصر الموليبدنوم Molybdenum . ولا بد من وجود السكر (مواد كربوايدراتية) للحصول على الطاقة اللازمة لحياة الميكروب .

تستطيع الأزوتوباكتر أن تعيش معيشة تعاونية مع الطحالب وخاصة طحلبي Nostoc, Anabaena ، وكذلك مع بعض الميكروبات الأخرى . وذلك بأن تمدها الطحالب أو الميكروبات الأخرى بما تحتاجه من كربوايدرات للحصول على الطاقة، أما الازوتوباكتر فتمد هذه الطحالب وكذا الميكروبات بما تحتاجه من مواد بروتينية ، ونتيجة لذلك فان كمية النتروجين المثبتة تكون كبيرة ، كذلك تستطيع الازوتوباكتر أن تعيش معيشة تعاونية مع C. pasteurianum وذلك بأن تقوم الازوتوباكتر بسحب الاكسوجين من الوسط المحيط ، ونتيجة لذلك تستطيع الكلوستريديا أن تنمو ، هذا وتستعمل الازوتوباكتر الأحماض العضوية التي تنتج عن الكلوستريديا بعد أن تعادلها قواعد التربة كمصدر للطاقة اللازمة لحياتها .

إنتشارها بالأراضى :

إن إنتشار الازوتوباكتر بالأراضى يتوقف على عدة عوامل أهمها :

١ — حموضة التربة .

٢ — توافر المواد العضوية التى تعتبر مصدر الطاقة لها .

٣ — تركيز بعض المعادن الهامة بها مثل الفوسفات

٤ — عدم وجود عوامل التضاد والتنافس التى تحد من انتشارها .

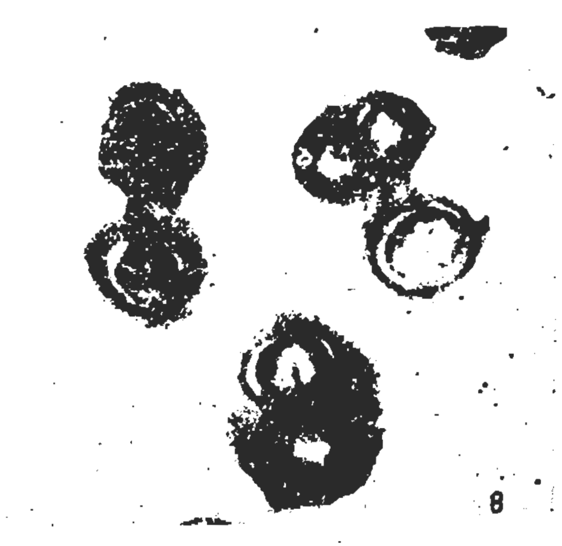
فهناك آراء متعارضة عن مدى انتشار هذا الميكروب بالاراضى ، فالبعض يعتقد أنها تنتشر على مدى واسع بالتربة ولو أنها تظهر بأعداد ضئيلة بها ، فلقد وجد أحد الباحثين أن عددها فى الجرام الواحد من التربة تبلغ ١٨ ميكروب ، كما وجد Swaby أن عددها فى الجرام الواحد يبلغ حوالى ٣٠ خلية ، أما Rossi فى إيطاليا فقد وجد أن متوسط عددها بالأراضى حوالى ١٨١٥ ميكروب بالجرام الواحد ، وذكر أن عددها يتراوح من صفر — ٢١٤٠٠ ميكروب

بالجرام . ولقد ذكر جبسون (١٩٥١) أن عددها بالأراضى مقدراً على أساس الجرام الواحد يقل عن عشرة ولا يزيد عن ١٠٠٠ ميكروب ، ولذا يعتقد الكثير من الباحثين فى عدم أهميتها بالأراضى ، ويعتقد الكاتبان أن أهمية الأزوتوباكتر فى أراضى المناطق الباردة قد تكون ضئيلة ، ولكن نشيد بأهميتها فى المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية ، فالأبحاث تدل على وجودها بكميات كبيرة فى الأراضى المصرية قد تتجاوز المليون فى الجرام الواحد .

وتجدر الإشارة إلى أن وجودها بالتربة بأعداد كبيرة من الأهمية بمكان ، إذ أن تثبيت الأزوت يحدث فى أثناء تكاثرها ، لذلك يقترح بعض الباحثين أن عددها بالأراضى يعتبر مقياسا لكمية الأزوت التى تستطيع أن تثبتها .

والأزوتوباكتر هوائية حتما . يقف تنفسها إذا أضيف السيانور إلى المزرعة ويقال أن هذا التنفس الهوائى يسير عن طريق السيتوكروم والسيتوكروم اكسيديز . Cytochrome and Cytochrome oxidase .

ويحدث تثبيت الأزوت فى وجود المادة العضوية وخاصة الكربوايدرات



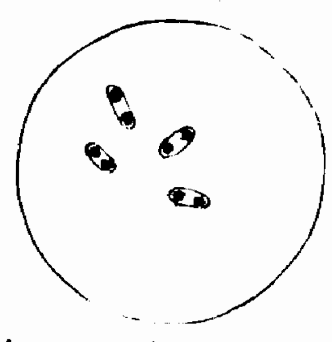
(شكل ٢٩)
خلايا الازوتوباكتر — لاحظ الكبسولة حول الخلايا .

مثل السكريات ، والمانيتول أحب المواد الكربوايدراتية للميكروب (الكلوستريديا لاتحلله) . يمكن إستعمال اللكتات والبنزوات أيضا، ويحتاج تثبيت الأزوت إلى المولبدنوم ،وبدرجة تركيز قليلة بنسبة ١ : ١٠^١٠ يحدث نشاط كبير، ويمكن أن يحل الفانديوم Vanadium محل المولبدنيوم .

والواقع أن المولبدنوم لا تعرف فائدته بالضبط هل لتثبيت الأزوت فقط أو لنمو الميكروب، وتحتاج الأزوتوباكتر فى نموها إلى فيتامين (مادة منشطة) البيوتين كما هو الحال فى البكتريا العقدية.إذا نمت الازوتوباكتر فى بيئة تحتوى على السكر فإنها تنتج مادة لزجة صمغية (ماعدا A. agile) ، وهذه المادة كربوايدراتية غير مختزلة ، عند تحللها تعطى ٣٣٪ سكر مختزل .

ووجود هذه المادة يجعل عزل الميكروب فى مزرعة نقية أمراً صعباً ، نظراً لوجود بعض ميكروبات التربة بهذه المادة الصمغية، والظاهر أن عدم إحتواء البيئة على مادة عضوية أزوتية يشجع تكوين هذه المادة الصمغية .

٢ — بيارنكيا **Beijerinckia :**



(شكل ٣٠)

يرتبط جنس البيارنكيا إرتباطا وثيقاً بجنس الأزوتوباكتر، حيث لايختلف عنه إلا فى بعض الصفات المورفولوجيةفالأولى أصغر من الأزوتوباكتر عصوية، تحتوى على أجسام دهنية فى طرفى الخلية . كما يمكن تمييزها عن الأزوتوباكتر بكثرة إفرازها المواد السكرية المعقدة التركيب على البيئات الصناعية،وهذه تعطى الجاميع قوام هلامى لزج ، كما يمكن تمييزها أيضا بعدم إحتياجها للكالسيوم الذى قد يحبط نموها . وتتحمل نطاق واسع من الحموضة (الرقم الايدروجينى ٣٫٥ — ٩) ، تتميز أيضا بأن مصادر الطاقة اللازمة لنموها محدودة، تنحصر فى السكريات الاحادية

والثنائية ، وعديدة السكريات والجلسرين والمانيتول . ولكن الكحولات البسيطة والأحماض العضوية من الصعب تمثيلها . ولو أن معدل نموها أقل من الأزوتوباكتر إلا أن قدرتها على تثبيت النتروجين كبيرة فقد تصل إلى حوالى ٢٠ مليجرام نتروجين لكل جرام سكر ممثل .

والفرق الواضح بينها وبين الأزوتوباكتر فى انتشارها الجغرافى ، فالأزتوباكتر ينتشر فى جميع بقاع العالم بالأراضى ذات الحموضةالقريبة من التعادل والمحتوية على مصادر الطاقة بكمية وفيرة. كما توجد فى مياه البحيرات والأنهاروالمياهالمالحة المحتويةعلىالطحالب والأعشابالبحرية.أما البيارنكيا فتنشر على نطاق واسع فى أراضى المناطق الاستوائية ، ونادرا ما يلاحظ وجودها بأراضى المناطق تحت الاستوائية . ولا يعرف على وجه التحديد السبب فى هذا ، إذ أن درجة الحراره المثلى للجنسين تكاد تكون متساوية، علاوة على أنالبيارنكيا تستطيع أن تتحمل نطاق أوسع من الحموضة،فيمكن أن تعيش فى الأراضى ذات الحموضة العالية .

وأول من فصل البيارنكيا هوالعالم دركس Derx الأندونيسى،ووضعها فى جنس خاص مستقل بها . ولقد اقترح أن السبب فى إنتشارها فى المناطق الاستوائية يرجع إلى وجود نباتات عديدة من عائلة Caesalpinioideae بهذه المناطق،والتى يحتمل أن يسكن على جذورها هذا الميكروب . كما ذكر أيضا أنه هو الأصل الذى منه تطور ميكروب الريزوبيا (الذى يسبب العقد البكتيرية على جذور البقوليات) بعد أن فقد قدرته على تثبيت الأزوت الجوى منفرداً فى التربة .

ذكر بعض الباحثين أن البيارنكيا توجد بكثرة على أوراق كثير من أشجار المناطق الاستوائية مكونة ما يعرف باسم Phyllosphere ، كما وجد البعض الآخر أنها توجد بكثرة فى الأراضى الفقيرة فى الكالسيوم .

٣ — الدركسيا (Derxia gumosa) :

عزل بعض العلماء الهنود Azotobacter indicum من أراضى البنغال الغربية ، ويختلف مورفولوجيا عن كل من الأزوتوباكتر والبيارنكيا ، فالخلايا الحديثة تشبه إلى حد كبير الميكروب العصوى المتجرثم ، ولكنها غير متجرثمة وسالبة لصبغة جرام . وعندما تكبر الخلية فى العمر تظهر بها فجوات عديدة ، وهى هوائية حتما . وتعيش فى رقم أيدروجينى ٥ — ٩ ولكن نموها يكون مثالى فى حالة التعادل . ولقد اقترح بعض العلماء أن توضع فى جنس ونوع مستقل ، وسموه Derxia gumosa نسبة إلى العالم دركس Derx . والميكروب يشبه البيارنكيا فى أنه يعطى نموا هلاميا على البيئات الصناعية ولكن ببطء . ولقد وجد أن هذا الميكروب قد يتساوى أن لم يفوق كل من الأزوتوباكتر والبيارنكيا فى قدرته على تثبيت أزوت الهواء الجوى ، فقد تصل كمية ما يثبته من نتروجين إلى ٢٥ مللجرام لكل جرام سكر ممثل .

دركسيا

Derxia

(شكل ٣١)

ونظراً لأن هذا الميكروب قد اكتشف حديثا فى الهند فلا يعرف إلى الآن مدى إنتشاره ، لذلك لا يمكن التكهن بمدى أهميته من حيث تثبيته لنتروجين الهواء الجوى فى الطبيعة .

ولقد ذكر بعض العلماء أن بعض الميكروبات الهتروتروفية تستطيع أن تثبت أيضاً أزوت الهواء الجوى ومثال ذلك Bacillus polymyxa ، وحديثا وجد العالم Stapp أن ميكروب Azotomonas insolita يثبت أزوت الهواء الجوى ، كما وجد بعض الباحثين أن بعض سلالات من Aerobacter, Desulfovibrio desulphuricans, Pseudomonas و Achromobacter ، وبعض البكتريا المنتجة للميثان ، وبعض الخمائر Yeasts المعزولة من التربة تثبت الأزوت الجوى . كما وجد أن Nocardia تستطيع أن تحلل السيلولوز

وتثبت الأزوت الجوى فى نفس الوقت . تستطيع كل هذه الميكروبات أن تثبت أزوت الهواء الجوى ولكن قدرتها على تثبت الأزوت ضعيفة جداً لا تتعدى ٤ — ٥ ملليجرام نتروجين لكل ١ جم سكر ممثل ، كشف عنها باستعمال النظائر المشعة (ن١٥) ، وهذه الطريقة دقيقة جداً عن طريقة الميكروكلداهل .

كيفية تثبيت الأزوت الجوى Mechanism of nitrogen fixation

هناك عدة نظريات لتثبيت الأزوت الجوى بواسطة الأزوتوباكتر ، وسندرس فيما يلى نظرية Virtanen مع التعديل الذى طرأ عليها . وقد وجد هذا العالم الحامض الأمينى Aspartic acid فى مزارع الأزوتوباكتر الحديثة مما حدا به لأن يعتقد أن هذا الحامض الأمينى هو أول خطوة فى تثبيت الأزوت ، واقترح هذه التفاعلات :

١ ـ ن٢ ⟵ ؟ ⟵ ن يد٢ ا يد

٢ ـ ك٦ يد١٢ ا٦ ⟵ ك اا يد . ك ا . ك يد٢ . ك اا يد
جلوكوز — حامض اكسالخليك

٣ ـ ك اا يد . ك ا . ك يد٢ . ك اا يد + ن يد٢ ا يد ⟵
ك اا يد . ك (ن ا يد) . ك يد٢ . ك اا يد + يد٢ ا — ايدروكسيل أمين
اكسيمو حامض السكسنيك
+ ٢ يد ↓

٤ ـ ك اا يد . ك يد (ن يد٢) . ك يد٢ . ك اا يد
حامض الاسبارتيك

٥ ـ ك يد٣ . ك ا . ك اا يد + ك اا يد . ك يد (ن يد٢) . ك يد٢ . ك اا يد ⟵
حامض البيروفيك
ك اا يد . ك ا . ك يد٢ . ك اا يد + ك يد٣ . ك يد (ن يد٢) . ك اا يد
حامض أكسالخليك — الالنين

أما الخطوة الاولى فتمثل بالآتى :

ن٢ + ٢ يد ⟵ ن يد (ا يد) ـ ن يد (ا يد) + ٢ يد ⟵ ٢ ن يد٢ ا يد

أيدرات النتروجين — أيدروكسيل أمين

هذا وقد أثبتت النتائج فى السنوات الأخيرة عدم تكون المركبات المؤكسدة مثل أكسيد النيتريت أو تحت أكسيد النيتريت، بل على العكس أثبتت تكوين مواد مختزلة تنتهى بتكوين الأمونيا. ولو أن الخطوات ما بين النتروجين والأمونيا لاتزال قيد البحث، إنما قد وضعت لها الافتراضات كما يرى فى النظام الحديث التالى :

ن ≡ ن ——— + ٢ يد ———→ ن يد = ن يد

نتروجين

↓ + يد ا ٢ ↓ + يد ٢

(ا يد) ن — ن (ا يد) أيدرات النتروجين ن يد ٢ - ن يد ٢ هيدرازين
يد يد

+ يد

↓ + يد ↓ + يد

ن يد ٣

ن يد ٢ . ا يد ——— + يد ———→ أمونيا

ايدروكسيل أمين

ك ا . ك ا ا يد + يد + (ك يد ٢) ٢ . ك ا ا يد
| |
ك يد ٢ . ك ا ا يد + ك ا . ك ا ا يد
حامض اكسالخليك حامض α كيتو جلوتاريك

↓ ↓

ك يد ٢ . ك ا ا يد (ك يد ٢) ٢ . ك ا ا يد
| |
ك (ن ا يد) . ك ا ا يد ك يد (ن يد ٢) . ك ا ا يد
حامض اكسيمو سكسنيك حامض جلوتاميك

↓ + يد

ك يد ٢ . ك ا ا يد
|
ك يد (ن يد ٢) . ك ا ا يد
حامض اسبرتيك

وجد أن دم ، لكا تحبط عملية تثبيت الأزوت الجوى كما أن التثبيت يحدث أثناء تكاثر الميكروبات .

وقد أوضح ولسون وغيره من الباحثين أن تثبيت الأزوت الجوى بواسطة الميكروبات غير العائشة بالاشتراك (الأزوتوباكتر) تشبه إلى حد كبير الميكروبات العائشة بالاشتراك .

٤ — الميكروبات غير الهوائية المثبتة للأزوت الجوى

اسم الميكروب Clostridium pasteurianum وهو من الميكروبات غير الهوائية حتما ، موجبة لصبغة جرام متجرثمة بجرثومة طرفية مع حدوث انبعاج — ولقد وجد أن العدد بالتربة الزراعية قد يزيد على ١٠٠,٠٠٠ ميكروب/ جم . وهذا يزيد عن الازوتوباكتر ، مما دعى كثير من الباحثين أن يشيدوا بأهمية هذا الميكروب عن الأزوتوباكتر من حيث التثبيت للأزوت الجوى . ونستطيع الكلوستريديا أن تعيش فى الأراضى الحامضية التأثير بعكس الأزوباكتر ، مما يعطى أيضا أهمية لهذا النوع فى التربة الزراعية — ولقد أوضح Bredemann أن تثبيت الأزوت الجوى يحدث من الميكروبات السابقة المنتجة لحامض البيوتريك . وهذه الميكروبات تستطيع أن تتحمل الحموضة عن الازوتوباكتر، ولو أن درجة pH المثلى لهذه الميكروبات تقرب من التعادل (٧) . وكمية الأزوت التى تستطيع أن تثبتها فى المزرعة النقية حوالى ٢ — ٦ مليجرام أزوت لكل جرام من السكر وهذا القدر أقل من الازوتوباكتر .

ويجب أن نشير إلى أنه من مئات الخلايا الحية من هذا الجنس التى تعيش فى مزرعة ، القليل منها فقط هو الذى يستطيع أن يظهر على هيئة مجاميع واضحة على البيئات الصناعية ، وعلى هذا يمكن القول بأن هذا الميكروب ينتشر فى الأراضى بأعداد وفيرة جداً ، رغم أنه عند تقدير العدد فى عينات من الأراضى لا يظهر إلا جزء من العدد فقط .

ولقد علل تثبيت هذه الميكروبات للأزوت الجوى كنتيجة للاختزال المباشر للنتروجين إلى أمونيا بواسطة الايدروجين الذرى . والظاهر أن الأنزيمات الخاصة بالتثبيت فى الكلوستريديا تخالف الانزيمات الخاصة بالعملية المذكورة فى الميكروبات الهوائية ، فبينما نجد أن عملية التثبيت تقف فى وجود الأخيرة فى الأمونيا أو الايدروجين أو كما نرى أنه فى حالة الكلوستريديا لاتتأثر العملية بالمواد المذكورة .



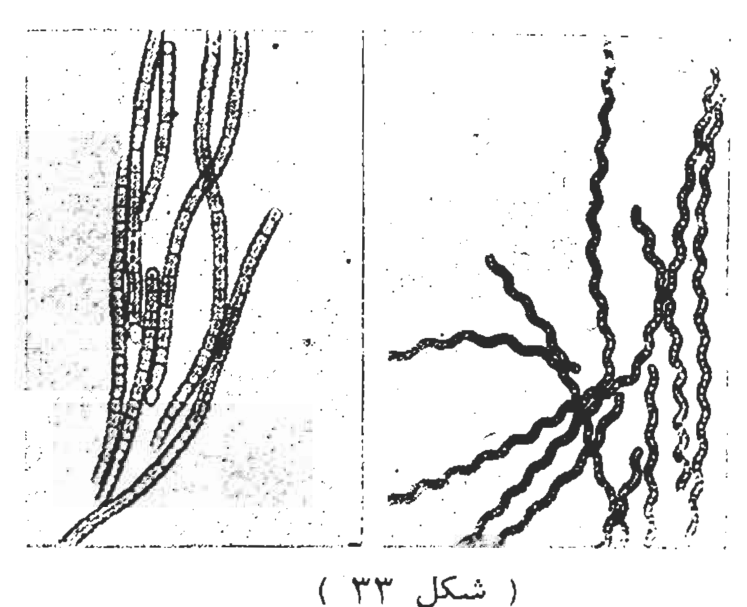
(شكل ٣٢)
Clostridium pasteurianum
بكتريا مثبتة لازوت الجو لاهوائيا

(ب) الميكروبات الأوتوتروفية **Autotrophic organisms**

١ ــ البكتريا الممثلة للضوء Photosynthetic bacteria

وهذه الميكروبات تتبع تحت فصيلة Rhodobacteriineae ، وتستطيع أن تمثل نتروجين الهواء الجوى تحت الظروف اللاهوائية (عدم وجود الأوكسجين) . وهى تحتوى على مواد ملونة ، وبذا تستطيع أن تحصل على الطاقة المستمدة من ضوء الشمس ومن أمثلتها Rhodospirillum rubrum الذى يتبع الجنس Rhodospirillum وكذلك جنس Rhodopseudomonas

الذى وجد أن ١٩ سلالة منه قادرة على تثبيت الأزوت . وهذه الميكروبات قادرة على تثبيت الأزوت ، فى وجود الضوء فقط وفى عدم وجود الهواء ، ولكن أهمية هذه الميكروبات فى التربة الزراعية لم تقدر بعد .



(شكل ٣٣)

Cylindrospermum licheniforme — Arthrospira jenneri

طحالب خضراء مزرقة

٢ — الطحالب

تقوم الطحالب الخضراء المزرقــــة blue green algae التى أهمها Nostoc & Anabaena ـ وهى هوائية، بتثبيت النتروجين بدرجة عالية ، وتحتاج إلى إضاءة قوية وثانى أكسيد الكربون لكى تثبت النتروجين فى البيئة الصناعية ـ وهذه الميكروبات يمكن إعتبارها عائشة على الهواء الجوى فقط من حيث تغذيتها (living on air) ، فهى تستعمل ك٢ا الجوى كمصدر للكربون، والأزوت الجوى لتكوين البروتين. ويستطيع الطحلب Nostoc أن يثبت ١٠ ملليجرام نتروجين فى ٤٥ يوم و ١٨ ملليجرام فى ٨٥ يوما لكل ١٠٠سم٢ من البيئة . ويمكن القول أنها تستطيع أن تثبت من ١٠ ـ ١٢ ملليجرام أزوت لكل ١جم من الجلوكوز . وكالأزوتوباكتر تفقد

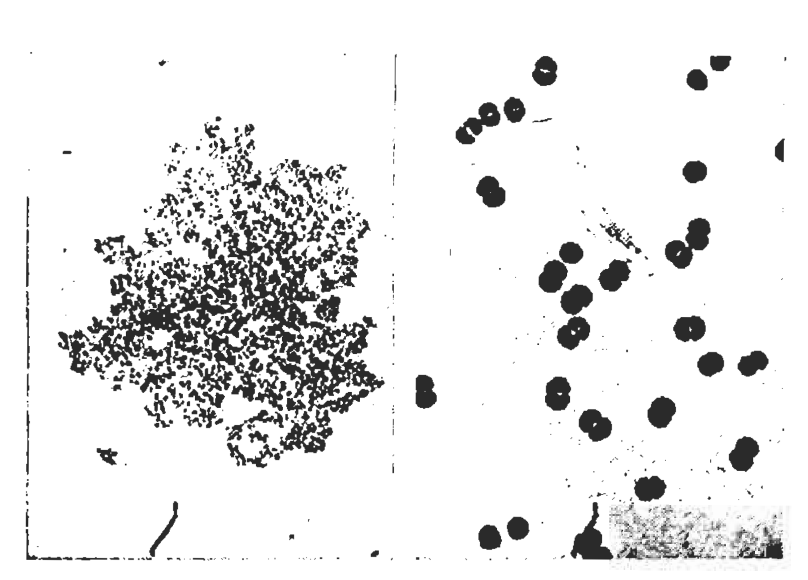
عملية تثبيت الأزوت فى وجود الإيدروجين أو ك ا كما أن أملاح الأمونيوم تحد من عملية تثبيت الأزوت .

ويمكن تحضير الطحالب الخضراء المزرقة على هيئة مزارع نقية بإستعمال السليكا الغروية مع مقاومة البكتريا التى قد تلوث المزارع بالأشعة فوق البنفسجية .

وتعرف حالياً الأجناس الآتية من الطحالب الخضراء المزرقة والتى تثبت الأزوت الجوى :

Nostoc, Anabaena, Autosira, Calothrix, Cylindrosperum and Tolypothrix.

والجنسان الأول والثانى ينتشران فى الطبيعة على نطاق واسع ،وعموما توجد هذه الطحالب فى المياه العذبة والمالحة كما تسكن الأراضى ، والأشن lichens بعضها يتكون من فطر وطحلب أخضر مزرق وتستطيع أن تمثل الأزوت الجوى .



Microcystis aeruginosa.   Chroococcus turgidus

(شكل ٣٤)
طحالب خضراء مزرقة

وأهمية الطحالب الخضراء المزرقة فى الأراضى فى تثبيت النتروجين مازالت موضع جدال ، إذ المعروف أنها تثبت أزوت الهواء الجوى عند تعرضها لأشعة الشمس ، وعليه فيتحتم أن توجد على سطح التربة ، ولكن العمليات الزراعية كالحرث والعزق تدفنها بالأرض ، وفى هذه الحالة تصبح الخلايا غير قادرة على تثبيت الأزوت . ولكن يجب أن نعير أهمية كبيرة لهذه الطحالب فى الأراضى المزروعة بالأرز أو النباتات المائية حيث تغمر الأراضى بالمياه لمدد طويلة ، ولقد أشاد بعض علماء الهنود واليابانيين بأهمية هذه الطحالب بتلك الأراضى .

الميكروبات المثبتة لأزوت الهواء الجوى والعائشة بالاشتراك

II — The Symbiotic nitrogen fixers (Rhizobium sp.)

عرف منذ زمن طويل ماللنباتات البقولية من أثر كبير فى خصوبة التربة ووفرة المحاصيل الأخرى التى تأتى بعد البقوليات مثل الحبوب . هذا وقد جعل Baussingault سنة ١٨٣٨ يعتقد بأن البقوليات تستطيع تثبيت الأزوت الجوى . وقد تحقق إعتقاد هذا العالم فيما بعد ، وثبت ذلك علمياً ، فلقد زرع هذا الباحث البرسيم والقمح معا فى رمل نقى وأثبت أن النباتين اكتسبا كربون ، يد٢ ، ا٢ ، ن٢ . ولكن بزراعة هذين النباتين فى رمل معقم تعقيما تاما بالحرارة الشديدة أثبت أن النباتين لايستطيعان الحصول على النتروجين .

ثم أتى بعد ذلك كثير من الباحثين وإهتموا بوجود العقد الجذرية على جذور النباتات البقولية . وأثبتوا أن هذه العقد لا تتكون على جذور النباتات التى تزرع فى رمل أو تربة معقمة . ولقد أثبتوا بعد ذلك أن هذه العقد تحتوى على بكتريا وإعتقدوا أنها بكتريا مرضية .

وفى عام ١٨٨٨ تمكن العالمان Hellriegel & Wilfarth من إيجاد علاقة بين تكوين العقد الجذرية وتثبيت نتروجين الجو ، فلقد أثبتا أن نباتات

العائلة النجيلية تعتمد كلية على الأزوتات بالتربة ، بينما نباتات العائلة البقولية Leguminaceae تستطيع أن تعيش بدون وجود الأزوتات . وفى التربة المعقمة والمرواة بماء معقم تسلك البقوليات مسلك النجيليات فى إحتياجها إلى الأزوتات ، ولكن إذا رويت التربة بمستخلص التربة الزراعية الغير معقم تستطيع أن تعيش البقوليات ولاتستطيع النجيليات وفيما يلى ملخصاً لما وجده هذان الباحثان :

١ — لا تستطيع أن تعيش البقوليات فى رمل معقم بدون أزوتات .

٢ — تستطيع أن تعيش البقوليات فى رمل معقم بإضافة أزوتات والنمو طبيعى ، ولكن لا تتكون عقد بكتيرية .

٣ — تستطيع أن تعيش البقوليات فى تربة غير معقمة بدون الاحتياج إلى أزوتات .

٤ — تستطيع أن تتكون العقد البكتيرية فى تربة غير معقمة أو فى تربه معقمة مع إضافة مستلخص تربة غير معقم .

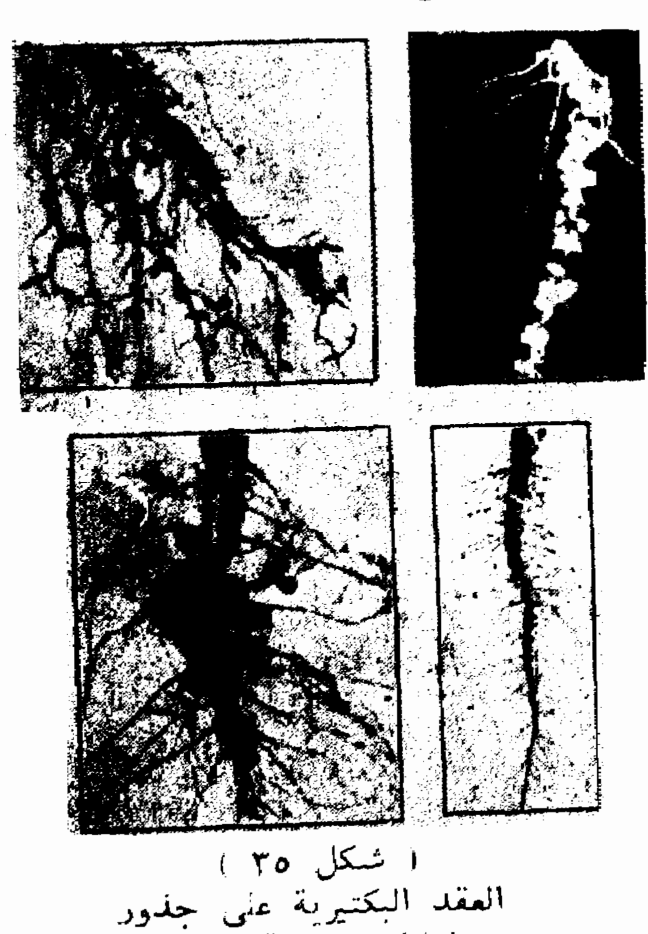
ثم تمكن العالمان Schlosing & Laurent سنة ١٨٩٠ من إثبات أن أزوت الهواء الجوى يمتص ويثبت بواسطة العقد البكتيرية .

تمكن أيضا Beijernick سنة ١٨٨٨ من عزل وتنمية بكتيريا العقد الجذرية بعيداً عن النباتات فى بيئة صناعية ـ ووجد أن البيئة العادية غير مناسبة لنمو هذه الميكروبات ، فاستعمل مستخلص أوراق النبات البقولى المعزول منه الميكروب، وأضاف إلى البيئة ٠,٢٥٪ اسبرجين ٠,٢٥٪ سكر قصب (سكروز) ، وأثبت أيضاً أن الميكروب يوجد فى التربة فى حالة حرة .

تعيش هذه الميكروبات مع النباتات البقولية معيشة تعاونية (تبادل المنفعة) فالنبات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية والغيرعضوية

اللازمة له ، بينما تمد الميكروبات النباتات بالمواد الازوتية ، وذلك بأن تثبت نيتروجين الهواء الجوى فى النباتات على هيئة بروتين. وهذه الميكروبات تعيش حرة فى التربة الزراعية ويمكن زراعتها كما سبق القول على البيئات الصناعية ، ولكنها فى كلتا الحالتين المذكورتين لا تستطيع أن تثبت الأزوت الجوى ، إذ أن تثبيت الازوت مرتبط بالمعيشة المشتركة للنباتات والميكروبات معا Symbiotic life

والعقد الجذرية مملوءة بعصير مغذى للنباتات Nutrient plant juices، ويمكن إنتزاع العقدة من الجذر بسهولة جداً ، وفوائدها عظيمة للنباتات والتربة، إذ أنها مصدر كبير للأزوت. ويعتبر بعض علماء أمراض النباتات أنها مسببة من مرض يسبب الانتفاخات Galls على الجذور ، إذ أن أى ميكروب يغزو نسيج سليم ويسبب تغيراً فى شكله عن الشكل المألوف يعتبر مرضا ، وهذا طبعا فى عرف علماء أمراض النبات .



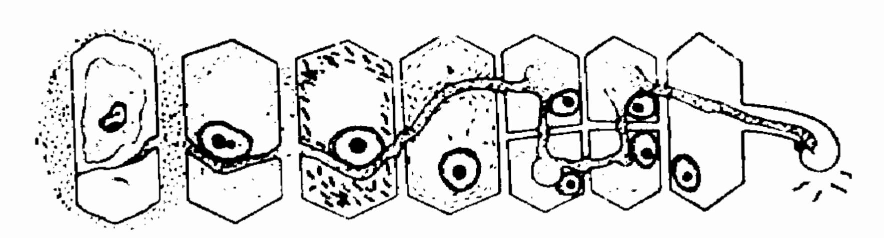
(شكل ٣٥)
العقد البكتيرية على جذور
نباتات بقولية مختلفة

وقد تمكن بعض العلماء من تقسيم الأطوار التى يوجد بها هذا الميكروب فى النبات إلى ثلاثة كالآتى :

١ — الطور الأول

غزو الميكروب للجذور Controlled parasite

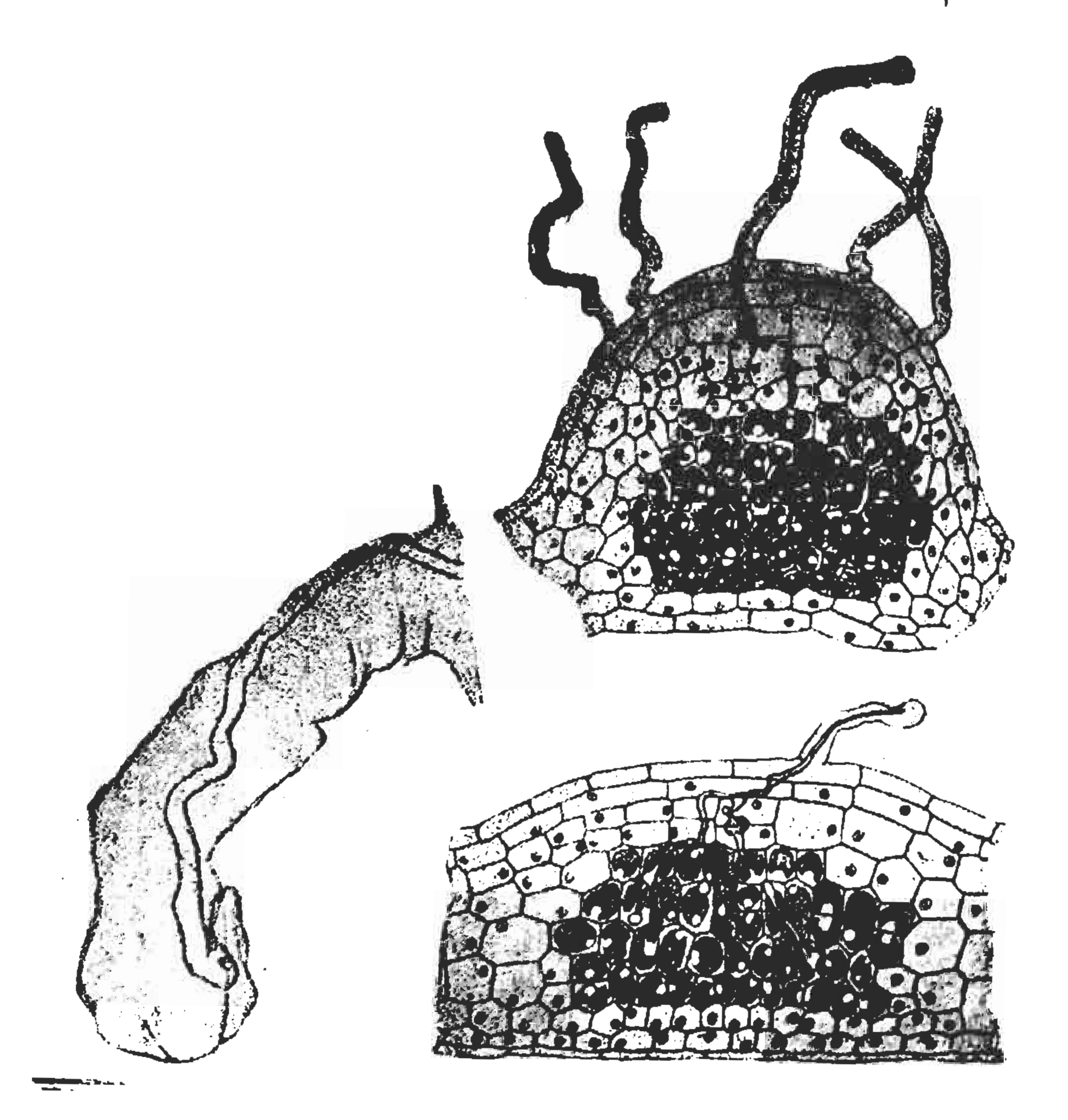
تظهر العقد الجذرية عادة عند تكوين الأوراق الأولى للنبات ، وقد دلت الأبحاث على أنه فى هذا الوقت تفرز جذور النبات مواد تعمل على تكاثر البكتيريا المحيطة بها ، وبذلك يتكون بالقرب من الشعيرة الجذرية مجموعة من البكتيريا ، فتفرز البكتيريا بدورها مادة تسبب نمو الشعيرة الجذرية والتوائها ، فتغزو هذه الميكروبات طرف الشعيرات الجذرية من منطقة الإنحناء لأنها أضعف نقطة فى الشعيرة . وقد وجد أنه إذا كان الميكروب هو من نفس النوع Species الذى يصيب النبات فإنه يعمل هذا الانحناء ويكون العقدة ، أما إذا كان من نوع آخر فإنه يحدث الانحناء فقط



شكل ٣٦ ،
انتشار خيط العدوى فى خلايا الجذر

ولا يكون العقدة ، بمعنى أن الميكروب المختص بإصابة جذور الفول مثلا يحدث الانحناء والعقدة فى نبات الفول فقط ، ولكنه يحدث الانحناء فقط فى نبات البرسيم . ثم يبدأ فى تكوين «خيط العدوى» Infection thread بعد الاصابة ، وهو مكون من البكتيريا محاطة بأنبوبة مكونة من السليولوز وهميسيليولوز وبكتين ، وهذه الأنبوبة يكونها النبات المصاب . يستمر خيط العدوى فى مسيره فى الشعيرة الجذرية . إلى أن يصل إلى خلايا القشرة فى الجذر فيخترقها . يتفرع خيط العدوى ويغزو خلايا أخرى. ينفجر الخيط فى الخلايا

وتتجمع خلايا البكتيريا حول نواة خلية الجذر . تنشط الخلايا المصابة وتنقسم حاملة خلايا البكتيريا إلى الخلايا الجديدة .



(شكل ٣٧)

المراحل التى يمر بها خيط العدوى فى عقدة جذرية

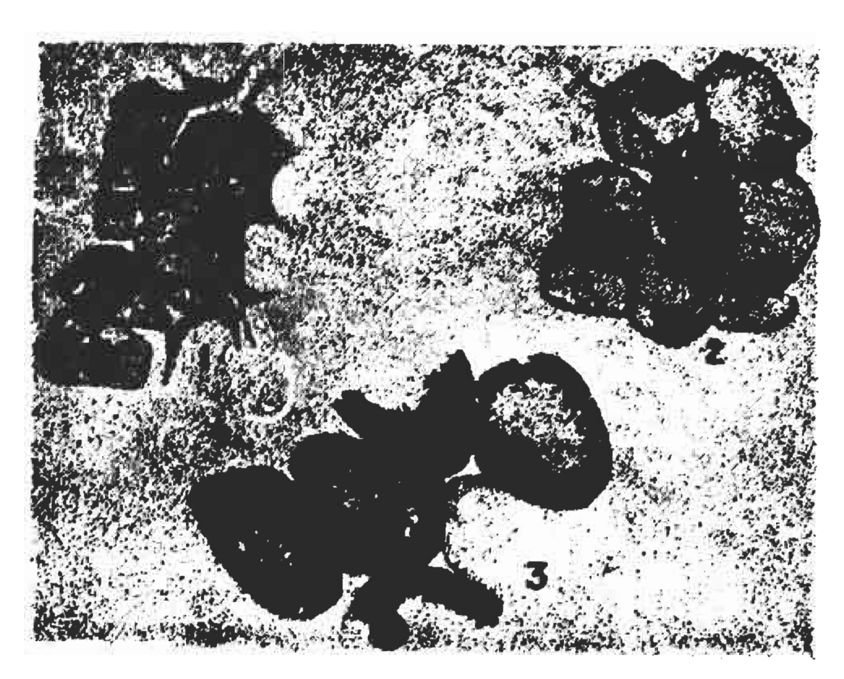
الى اليسار : شعيرة جذرية لنبات البسلة ويشاهد بها خيط العدوى لاحظ التواء طرف الشعيرة عند نقطة الغزو .

الى اليمين العلوى : قطاع عرضى فى عقدة جذرية لنبات البسلة . لاحظ امتداد خيط العدوى من الشعيرة الجذرية الى خلايا القشرة الخارجية حيث تنتقل البكتيريا خلاله الى القشرة الداخلية وتتكاثر بها .

الى اليمين السفلى : قطاع طولى فى عقدة مماثلة .

وتتكون العقدة من الانقسام الغزير لخلايا النبات ومن تضخم هذه الخلايا أيضا . كما أن خلايا النبات المجاورة للخلايا المصابة ينتابها كبر فى الحجم ونشاط فى الإنقسام أيضا . ويعلل إنقسام الخلايا المجاورة المذكورة إلى أن خلايا البكتيريا تفرز هرمون Hetero-auxin ينتشر إليها فيسبب هذا النشاط . ويؤيد ذلك أن العقدة وجدت غنية بهذا الهرمون .

وتتكون العقدة عادة من خلايا القشرة بالجذر كما فى معظم النباتات، مثل البسلة والبرسيم والبرسيم الحجازى والفول . غير أنه فى بعض النباتات الأخرى مثل الفول السودانى يصل خيط العدوى مخترقا القشرة حتى البرسيكل والذى تتكون العقدة من انقسام خلاياه .



(شكل ٣٨)
خيط العدوى فى خلايا الجذر

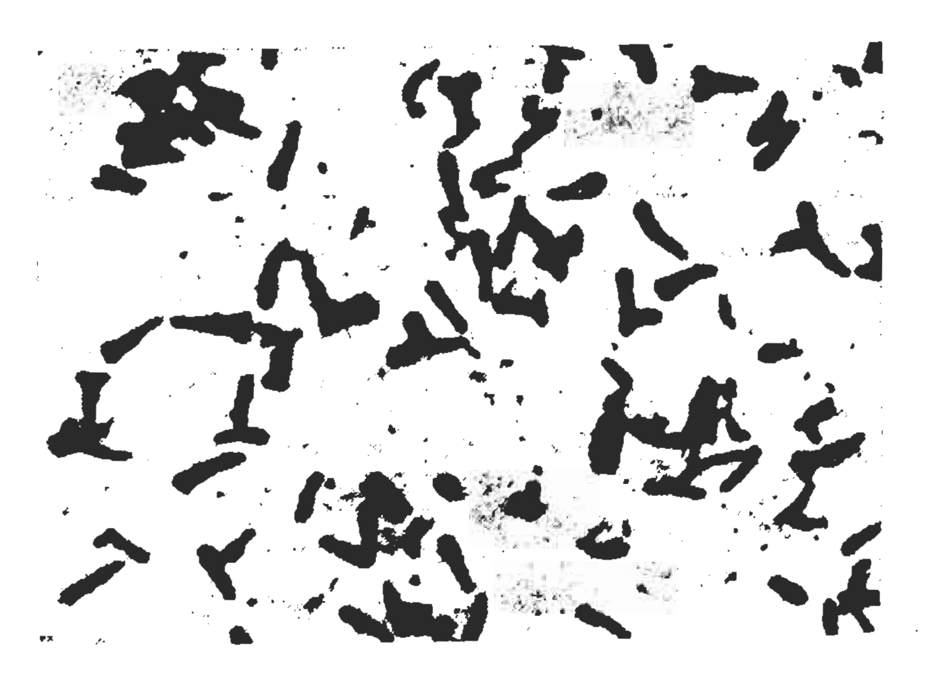
وعندما تتكون العقدة تظهر الحزم الوعائية فى المحيط الخارجى للعقدة التى تتصل بالحزم الوعائية الأصلية للجذر ، وخلال هذه تنتقل المواد العضوية وغير العضوية إلى العقدة، كذا تنتقل، منها المواد التالفة الناتجة من تمثيل الميكروبات للأغذية .

هذا ويشاهد أن نصف العقدة يوجد به الميكروبات، أما النصف الآخر

خالى منها . ويسمى النصف العقيم . وشكل الميكروبات فى العقدة الحديثة السن تقريبا عصوى . ولكن فى العقدة المسنة فإن البكتيريا توجد بأشكال مختلفة مثل T.Y.L.X وغيرها . ويسمى هذا الطور Bacteroids . وعند صبغها وفحصها ميكروسكوبيا يشاهد أنها لا تصبغ بانتظام Banded إذ يلاحظ وجود مناطق بيضاء خالية من الصبغة وجد أنها مواد دهنية

٢ — الطور الثانى : تبادل المنفعة

هنا تظهر المعيشة التعاونية أو معيشة « تبادل المنفعة » Symbiosis ، حيث تمد البكتريا النبات بالمواد الأزوتية ويمد النباتات البكتريا بالمواد الكربوايدراتية وتعيش البكتريا داخل الخلايا فى طور الـ Bacteroid ، وتمكث فى العقدة الجذرية مدة سبع أسابيع تقريبا ، وتحتوى العقد على هيموجلوبين ، الذى يعتقد أنه يلعب دوراهاما فى تثبيت النتروجين . أما إذا لم تكن الميكروبات متخصصة أى سلالة غير السلالة التى تصيب النبات ، فإن العقدة تمكث ٧ — ١٠ يوم تقريبا ولا يتكون فى هذه الحالة هيموجلوبين . وربما يشاهد نوعى العقد المذكورين على النبات الواحد . وتسمى العقدة



(شكل ٣٩)
بكتريا العقد الجذرية فى العقدة

المتكونة عن سلالة متخصصة أو فعالة Effective strain بالعقدة الصادقة ، أما الناتجة عن سلالة غير متخصصة أو غير فعالة Uneffective strain بالعقدة الكاذبة — وقد تتكون أحيانا عقد ضعيفة هزيلة ولكنها صادقة ويرجع ذلك إلى :—

١ — كثرة النترات فى التربة ، فهذه تكون نموا خضريا كبيراً ،وتتجه كل الكربوايدرات الناتجة عن التمثيل الكربونى للنبات إلى تكوين هذا النمو الخضرى بدلا من أن تصل للبكتريا لإمدادها بالطاقة اللازمة .

٢ — عدم وجود إضـــاءة كافية ، الأمر الذى يسبب قلة ورود الكربوهيدرات إلى العقد الجذرية نتيجة لضعف التمثيل الكربونى .

٣ — عدم وجود كمية كافية من المعادن النادرة مثل البورون .

وفى هذه الحالات فإن الميكروب يكون متطفلا .

٣ — الطور الثالث : Uncontrolled parasite

بعد حوالى سبعة أسابيع من تكوين العقدة البكتيرية يتحول الميكروب من معيشة تبادل المنفعة إلى متطفل ، وذلك بعد أن تقل المواد الغذائية الواصلة إلى العقدة ، فيفرز الميكروب انزيم البكتينيز Pactinase الذى يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا البرانشيمية التى يسكن فيها ، وتنفجر العقدة بعد ذلك ، ويخرج الميكروب إلى التربة الزراعية . وفى رأى آخر أنه فى وقت الإزهار أو بعده بقليل تصل درجة تركيز هرمون (الأوكسين Auxin) إلى قمتها ، وعندئذ تتحلل العقدة ويصبح لونها أخضر أو بنى ، وتختفى البكتيرويدات Bacteroids ثم تفصل بقايا العقدة بطبقة من الفلين ، بعدها تتآكل وتتحلل .

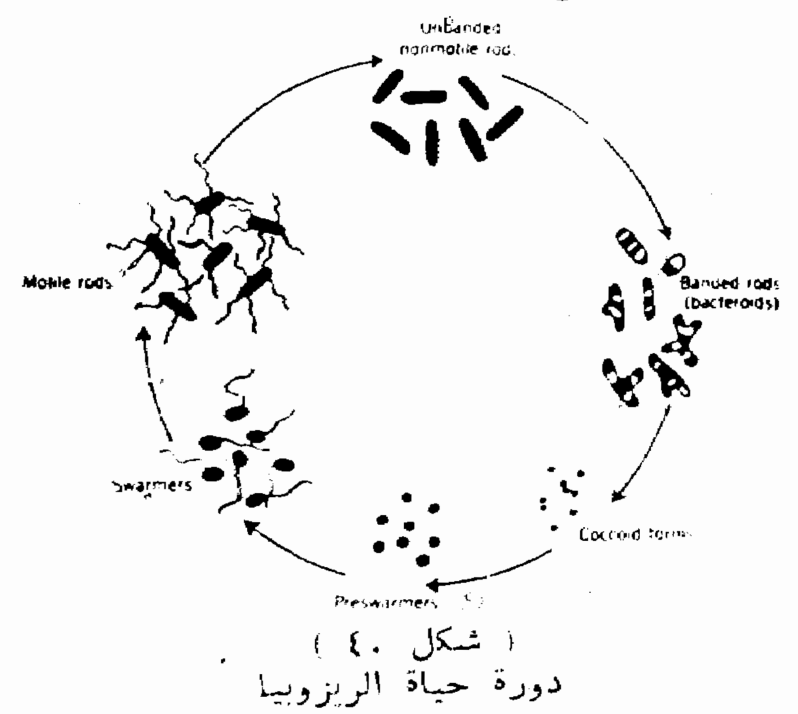
وصف الميكروب

فى التربة الزراعية أو البيئات الصناعية يكون الميكروب عصوى قصير غير متجرثم — سالب لصبغة جرام — ميزوفيلى — ينمو على بيئة المانيتول

ومستخلص الخميرة ،أو المانيتول ومستخلص أوراق النبات البقولى المتخصص. ومستخلص الخميرة أو أوراق النباتات تحوى على المواد المنشطة اللازمة للبكتريا .

الخواص المرفولوجية وأطوار حياة الميكروب :

يظهر الميكروب فى المزارع الحديثة النشطة بشكل عصوى عادة مقاس ٤ × ١ ميكرون ، وقد ترى بعض الخلايا فى شكل كروى ، ولكن تظهر فى العقد الجذرية بأشكال مختلفة متفرعة أو غير منتظمة و T.Y.L.X. ، وهى معروفة بالبكتيرويدات Bacteroids ، والأخيره نادرا ما ترى فى المزارع النامية على البيئات الصناعية ، ولكن يمكن القول أن وجود السكر أو كميات قليلة من الأحماض العضوية أو الجلسرين فى البيئة الصناعية يشجع ظهور البكترويدات ، فى حين أن إضافة الفوسفات أو اللبن يشجع الأنواع الكروية أو العصوية على الظهور . ولقد وجد حديثا أن هذا الميكروب يمر بخمس مراحل فى تاريخ حياته (شكل ٤٠) كالآتى :



(شكل ٤٠)
دورة حياة الريزوبيا

١ — الطور الأول : وفيه الخلايا كروية الشكل غير متحركة وتسمى Preswarmer ، وتلاحظ خلاياه فى المزارع المحفوظة فى محلول تربة متعادل.

٢ — الطور الثانى : كرويات كبيرة غير متحركة تظهر فى وجود كربوايدرات وفوسفات فى البيئة .

٣ — الطور الثالث : وفيه الخـــلايا بيضية الشكل متحركة وتسمى Motile swarmers وفى هذا الطور تستطيل الكريات وتكون بيضية الشكل متحركة .

٤ — الطور الرابع : وفيه تظهر الخلايا عصوية الشكل قليلة الحركة .

٥ — الطور الخامس: وتظهر فيه الخلايا ذات الفجوات Vaculated stage تصبح العصويات فى هذا الطور بها فراغات ، ويحدث ذلك فى عدم وجود الكربوايدرات ، فتظهر الخلايا محزمة ، ثم تختفى الأحزمة وتتكور الخلايا لتبدأ فى الطور الأول .

بكتريا العقد الجذرية وتخصصها

بكتريا العقد الجذرية Rhizobium تنقسم إلى أنواع كثيرة، وكل منها يصيب نباتات خاصة مثل البرسيم ، ونوع آخر يصيب الفول وغيرها .

Rhizobium
- Species or groups Clover
  - Strain (برسيم أحمر
  - Strain (برسيم مصرى
  - Strain
- Bean
- Peas

والنوع الذى يصيب البرسيم مثلا لايصيب الفول والعكس صحيح . ولكن كل من هذه الأنواع ينقسم بدوره إلى سلالات ، فمثلا النوع الذى يصيب البرسيم مثلا يتبعه عدة سلالات منها سلالة تصيب البرسيم الأحمر Red Clover ، وسلالة تصيب البرسيم المصرى . وتستطيع سلالة البرسيم الأحمر أن تغزو البرسيم المصرى والعكس صحيح، ولكن ليس بنفس القوة التى تصيب بها السلالة نباتاتها الخاصة ، أى أن سلالة البرسيم الأحمر تصيب نبات البرسيم الأحمر بقوة كبيرة .

تقسيم بكتريا العقد الجذرية

ويذكر فهمى أنه يمكن القول بوجه عام أن أنواع البكتريا العقدية لا تختلف بعضها عن بعض إختلافا واضحاً فى صفاتها المورفولوجية أو الفسيولوجية . ولقد قسمت البكتريا العقدية إلى أنواع Species ليس تبعا لاختلاف هذه الصفات ، ولكن على أساس قدرتها على إصابة النباتات البقولية وتكوين عقداً جذرية على جذورها ، فالمزرعة النقية من الجنس Rhizobium التى تستطيع أن تكون عقدا جذرية على مجموعة من النباتات البقولية ولكن ليس لها القدرة تحت نفس الظروف أن تكون عقداً جذرية على غيرها من النباتات الأخرى اعتبرت نوعا Species قائما بذاته من الجنس Rhizobium. وقد أطلق على مثل هذه النباتات البقولية التى تشترك مع بعضها فى قابليتها للإصابة بنوع واحد من البكتيريا العقدية إسم نوع Species أو Bacterial-plant group أو Cross-inoculation group .

وقد قسمت النباتات البقولية تبعا لذلك إلى ٢١ مجموعة ، ومن هذه المجموعات سبعة فقط هى التى لها أهمية إقتصادية . والجدول الآتى يبين هذه المجموعات وأهم النباتات ذات الأهمية الاقتصادية التى تضمها كل مجموعة ونوع البكتيريا الخاصة بكل منها .

وأهمية هذا التقسيم فى الزراعة يرجع إلى أن النوع الواحد من البكتريا العقدية الخاصة بمجموعة ما لها القدرة دائما على أن تصيب جميع النباتات التى تتبع هذه المجموعة دون غيرها من نباتات المجاميع الأخرى . فمثلا يصيب النوع Rhizobium meliloti جميع النباتات التى تقع فى مجموعة البرسيم الحجازى ، ولكن ليست له القدرة على أن يصيب أى من نباتات مجموعة البسلة ، ومما هو جدير بالذكر أن أفراد المجموعة الواحدة قد تضم عدداً من النباتات تختلف عن بعضها اختلافا واضحا .

وليس هناك تفسير مقبول لتقسيم البكتريا العقدية إلى أنواع على

جدول (١٨)
المجموعات النباتية وأنواع البكتريا المتخصصة فى اصابتها

اسم المجموعة		نوع البكتيريا	النباتات التى تضمها المجموعة
مجموعة البرسيم الحجازى	Alfalfa group	R. meliloti	البرسيم الحجازى . النفل . الحندقوق . الحلبة .
مجموعة البرسيم	Clover group	R. trifolii	البرسيم المصرى . البرسيم الاحمر . البرسيم القرمزى
مجموعة البسلة	Pea group	R. leguminosarum	البسلة . بسلة الزهور . العدس .
مجموعة الفاصوليا	Bean group	R. phoseoli	الفاصوليا والفول .
مجموعة الترمس	Lupine group	R. lupini	الترمس الحولى والمستديم
مجموعة فول الصويا	Soybean group	R. joponicum	فول الصويا .
مجموعة اللوبيا	Cowpea group	R. sp.	اللوبيا . الفول السودانى . فاصوليا الليماء . اللبلاب .

أساس المجموعات النباتية، ومع ذلك فقد وجد أن برتينات بذور كل مجموعة متشابهة عندما أختبرت سيرولوجيا Serologically بواسطة طريقة الترسيب Precipitin test.

كيفية تعيين نوع البكتريا

بزراعة نوع ما وليكن الفول مثلا فى رمل معقم أو على بيئة الاجار، وفائدة هذه البيئة، التأكد من أن البذرة معقمة جيداً، ثم يلقح النبات بالميكروب الذى يصيب نوع آخر وليكن البسلة مثلا، فيشاهد عدم تكوين العقد الجذرية، ولكن إذا لقح بالميكروب الذى يصيب الفول تتكون العقد الجذرية.

أهمية البكتريا العقدية

تثبت هذه الميكروبات أزوت الهواء الجوى، وهى مهمة للنباتات منذ بدأ حياتها إلى قرب حصادها. وهى تمد النبات بما يحتاجه من أزوت، فتعطى النباتات غلة كبيرة بدون تسميد، وكذا تمد التربة بكمية كبيرة من الأزوت. والبكتريا لا يمكنها تثبيت الأزوت بمفردها، ولكن لا بد من وجود النبات (تبادل المنفعة) للقيام بالعملية.

وبالنسبة لوجود هذه البكتريا فى العقد على جذور النباتات البقولية، نجد أن هذه النباتات غنية بالأزوت، فمثلا نرى أن ١ طن دريس من البرسيم الحجازى يحتوى على ٣٠٠ — ٣٥٠ رطل بروتين، بينما أن ١ طن من الحشائش أو تبن شعير أو قمح يحتوى على ١١٥ — ١٥٠ رطل بروتين. ويتضح مما تقدم أن البقوليات غنية بالبروتينات.

ويذكر فهمى أن المحاصيل البقولية تختلف عن بعضها فى مقدار ما تثبته من أزوت الهواء الجوى، فمحاصيل المراعى مثل البرسيم الحجازى تثبت كمية من الأزوت تفوق كثيراً ماتثبته محاصيل الحبوب مثل الفول والبسلة وفول

الصويا . وعلى فرض أن البرسيم الحجازى يثبت ١٠٠ وحدة أزوت فيمكن ترتيب بعض المحاصيل البقولية كالآتى :

برسيم حجازى ١٠٠ وحدة	فول الصويا ٤٢ وحدة
الفول البلدى ٢٣ وحدة	البسلة ١٩ وحدة

وقد وجد أن البرسيم الحجازى يثبت تحت أحسن الظروف مامقداره ٢٥١ رطلا من الأزوت للفدان الواحد سنويا ، ولعل هذا الاختلاف فى مقدار ماتثبته المحاصيل البقولية من الأزوت يرجع إلى اختلاف مدة مكثها فى الأرض ، كما قد يرجع إلى إختلاف نظام مجموعها الجذرى ، فمحاصيل الحبوب كالفول مثلا التى لها نظام جذرى محدود والذى تتكون عليه العقد الجذرية خلال فترة قصيرة من الزمن يثبت كمية من الازوت تقل عما تثبته المحاصيل البقولية التى تبقى فى الأرض مدة طويلةوالتى لها نظامجذرى يتجدد على مدار موسم النمو والذى تتكون عليه عقد جذرية باستمرار ولفترة طويلة من الزمن .

أما مقدار ماتستفيد التربة من الأزوت المثبت بواسطةالنباتات البقولية فإنه يختلف بإختلاف الطريقة التى يعامل بها المحصول عند حصاده، فإذاحرث المحصول البقولى فى الأرض كسماداخضر،فإن التربة تستفيدمن جميع الازوت المثبت ، أما إذا أكلت الحيوانات المحصول أو حول إلى سيلاج لتغذيتها ثم أضيف السماد الناتج من هذه الحيوانات إلى التربة، فان مقدار الازوت الذى يضاف إلى التربة فى هذه الحالة يتراوح مابين ٥٠٪ — ٨٠٪ من مجموع الازوت المثبت . أما إذا أزيل المحصول بعيداً عن التربةفإن مقدار الإستفادة فى هذه الحالة يكون بالقدر الذى يتبقى من هذه المحاصيل بعد حصادها بما فى ذلك الجذور وماعليها من عقد جذرية . وهنا تختلف الإستفادة من محصول لآخر . فالبقوليات - مثل البرسيم - التى لها مجموع جذرى كبير فإن مايتبقى

منها عقب الحصاد قد يحتوى على مايقرب من ½ مايحتويه النبات من أزوت، وهذه الكمية لاتعوض فقط مايكون قد استولى عليه النبات من أزوت التربة، بل تزيد من كميته فيها ، أما المحاصيل الاخرى مثل فول الصويا والبسلة التى تخلع معظم جذورها عند الحصاد، فان مايتبقى من مخلفاتها لايزيد كثيراً عن ⅒ مجموع الازوت الكلى فى النبات ، وهى بذلك قد تسلب الارض بعض ماقد يوجد بها من أزوت . وفيما يلى حساب تقريبي لما تحصل عليه الارض المصرية من مركبات أزوتية سنويا نتيجة لزراعة النباتات البقولية .

تبلغ المساحة التى تزرع سنوياً بالبقوليات نحو ٤٠ ٪ من مجموع المساحة الكلية أى نحو ٢٫٥٠٠٫٠٠٠ فدان. وعلى فرض أن الفدان الواحد يعطى فى المتوسط نحو طن من الوزن الجاف، بما فى ذلك الحبوب والسوق والاوراق والجذور، وأنها تحتوى فى المتوسط على ٢ ٪ أزوت، فيكون مقدار الأزوت الذى تحتوى عليه النباتات البقولية الناتجة من هذه المساحة يعادل نحو ٥٠٫٠٠٠ طن من الازوت. وعلى فرض أن ½ هذا الازوت تحصل عليه النباتات البقولية من الجو ، فتكون الكمية المثبتة من الجو هى ٢٥٫٠٠٠ طن أزوت أو ما يعادل ١٫٦٠٠٫٠٠٠ شوال من السماد النتراتى الذى يحتوى على ١٥ ٪ أزوت. نصفها يعود إلى الارض ، وهو يشمل ما تتركه المحاصيل من جذور وخلافه وهو مايعادل ¼ وزن النبات مضافا إليه ما يضاف إلى التربة على صورة أسمدة عضوية تنتج من تغذية الإنسان والحيوان على هذه البقوليات .

ب — تثبيت الازوت

يثبت الازوت نتيجة للمعيشة المشتركة بين النباتات والبكتريا (تبادل المنفعة)، فالنبات يمد البكتريا بالكربوايدرات التى تستعمل كمصدر للطاقة، والميكروب يثبت الازوت الجوى إلى مواد أزوتية، وهذه تنتقل إلى أجزاء النبات بواسطة الحزم الوعائية ، والزائد عن حاجته يتسرب من العقد إلى

التربة . وهذه المواد المتسربة تصلح غذاء للبكتريا الموجودة بمنطقة الجذور (ريزوسفير)، أو تستفيد منها نباتات غير بقولية محملة على المحصول البقولى مثل القمح أو الشعير (بغيته) . وأول من أثبت إستفادة النباتات غير البقولية المحملة على البقوليات هو العالم ليبمان Lipman الذى اقترح أن الاستفادة ترجع إلى المواد الازوتية التى تفرزها جذور البقوليات، والتى تمثلها النباتات غير البقولية. وبين ذلك بأن زرع مخلوط مكون من الشوفان والبسلة بنسبة ١:١ فى مخلوط الرمل والتربة، فوجد أن النتروجين الكلى والوزن الجاف للشوفان المزروع مع البسلة يفوق ذلك المزروع وحده .

كما أثبت ذلك أيضاً بزراعة نبات بقولى فى أصيص يحتوى على رمل مضاف إليه الاملاح اللازمة ماعدا النتروجين، ثم زرع نبات آخر غير بقولى مثل الشوفان فى أصيص منفذ يوضع بين النباتات البقولية ـ تكرر نفس المعاملة ولكن بإستعمال أصيص غير منفذ ، فيشاهد أن نباتات الشوفان فى الحالة الاولى ذات نمو خضرى كبير، نظراً لتمثيل جذورها للأغذية الزائدة عن حاجة البقوليات ، بينما فى الحالة الثانية نشاهد نباتات الشوفان هزيلة، وذلك نظراً لعدم إمكان تسرب الاغذية الزائدة عن حاجة البقوليات المفرزة من العقد البكتيرية إلى التربة، نظراً لان الأصيص المزرع فيه غير منفذ . (أنظر شكل ٤١) .

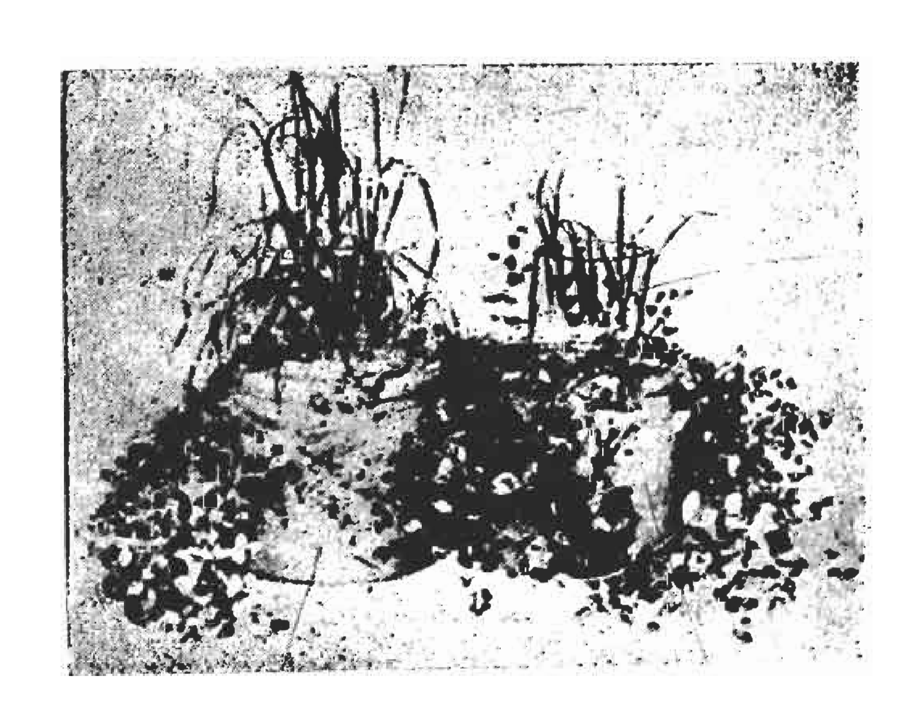
ولقد وجد أن حوالى ٧٤٪ من الازوت الممثل يثبت فى أوراق وفروع النبات البقولى، فإذا حرث النبات فى التربه (الاوراق والفروع) فإنها قد تضيف ٢٠٠ رطل نتروجين إليها. وعلى العموم فى الظروف العادية فى الزراعة حيث تتبقى فى الارض الجذور فقط فإن الميكروبات تثبت من ٥٠ — ١٠٠ رطل نتروجين لكل فدان فى العام

نظرية تثبيت النتروجين

نظرية النتروجين بالبكتريا العقدية مشابهة لما ذكر فى الازوتوباكتر . يعتقد أن الاحماض الامينية مثل الاسبرتيك والجلوتاميك تفرز أيضاً

فى التربة ، وتساعد على نمو النباتات الاخرى غير البقولية مستقبلا .

ولقد أظهرت التجارب أن عنصر المولبدنوم له أهمية كبيرة فى تثبيت الأزوت الجوى بواسطة بكتريا العقد الجذرية ، حيث أن جزء مولبدنوم يعطى ٨٠٠٠٠ جزء نتروجين مثبت . ولقد وجد أن النسبة بين المولبدنوم إلى النتروجين تماثل ١ : ٢٠٠٠٠ر٢٠ ليكون تثبيت النتروجين مثالى، وأن زيادة المولبدنوم بعد ذلك ليست لها أى قيمه . ولقد وجد أن أنسجة العقدة البكتيريه غنيه بعنصر المولبدنوم، كما أثبت حديثاً أحد علماء الروس أن عنصر المولبدنوم موجود بالعصير الخلوى لخلايا العقدة وليس فى بروتوبلازم البكتريا ذاتها .



(شكل ٤١)

تأثير النباتات البقولية على نمو النباتات الغير بقولية .
يشاهد الشوفان فى الاصص الداخلية والبسلة فى الاصص الخارجية .
الاصيص الداخلى الى اليسار مسامى
أما الاصيص الداخلى الى اليمين فغير مسامى

هناك بعض إختلافات بين عملية تثبيت النتروجين بواسطة البكتريا الغير عائشة بالاشتراك وبكتريا العقد الجذرية فى أن الاولى تحتوى على إنزيم الهيدوجينيز بينما الاخيرة لا تحتويه .

كما أن بكتريا العقد الجذرية تستهلك طاقة بنسبة أقل من تلك التى تستهلكها البكتريا الغير عائشة بالاشتراك. فلقد وجد العالم بوند Bond فى جلاسجو أن بكتريا العقد الجذرية على جذور فول الصويا تستهلك ١٥ مليجرام سكر لكل مليجرام نتروجين مثبت ، بينما تستهلك الازوتوبكتر أكثر من ٥٠ مليجرام سكر لكل مليجرام نتروجين مثبت . كما وجد ينسن Jensen وآخرون أن البرسيم الحجازى تثبت أنسجة عقدة البكتيرية من ٧٥ — ٨٠ ٪ من محتوياتها النتروجينية يوميا .

العوامل التى تؤثر على تثبيت الأزوت الجوى

يتوقف مقدار الأزوت الجوى الذى تثبته البكتريا العقدية بالاشتراك مع النباتات البقولية على عوامل كثيرة ، بعضها يتعلق بالتربة وبعضها يتعلق بكل من النبات البقولى والبكتريا العقدية .

أما فيما يتعلق بالتربة. فقد وجد أن هناك علاقة وثيقة بين تأثير بعض العوامل مثل التهوية ودرجة الحرارة والرقم الأيدروجينى على نمو النباتات البقولية،ومقدار ما تثبته من الأزوت الجوى ، وبوجه عام يمكن القول أن العوامل التى تزيد من نمو البقوليات تساعدأيضا على تكوين العقد الجذرية، وتزيد من مقدرتها على تثبيت الأزوت الجوى . فمثلا تجود معظم النباتات البقولية عندما يكون رقم الأيدروجين للتربة قريبا من التعادل ،وعلى هذه الدرجة أيضاً تصل نسبة الأزوت المثبت إلى حدها الأقصى، كما أن النباتات البقولية التى يلائم نموها الوسط الحامضى فانه يصل أقصى ما تثبته من أزوت عند هذه الدرجة من الحموضة .

وللعناصر الغذائية التى توجد فى التربة أو التى قد تضاف إليها تأثير واضح على عملية تثبيت الأزوت ، فقد أظهرت تجارب الحقل أن إضافة المركبات الكيميائية مثل الكالسيوم والمنجنيز والفوسفات والبوتاسيوم تنشط تكوين العقد الجذرية، وتزيد فى قدرتها على تثبيت الأزوت الجوى ، وإن كان لم يعرف بعد حقيقة الدور الذى تلعبه فى ميكانيكية عملية التثبيت. وقد وجد أن إضافة الجير إلى التربة الفقيرة فيه ضرورى للحصول على محصول وافر وكمية كبيرة من الأزوت المثبت . ولما كان الجير يضاف إلى التربة عادة على صورة كربونات الكالسيوم فقد عزى البعض التأثير النافع للكالسيوم إلى أن كربوناته تجعل الوسط الذى تنمو فيه النباتات متعادلا ، ولكن التجارب التى أجريت أخيرا أثبتت أن التأثير يعود إلى عنصر الكالسيوم نفسه ، فقد أمكن الحصول على نسبة عاليةمن الأزوت المثبت بواسطة نبات فول الصويا المنزرع فى تربة حامضية عندما أضيف إلى التربة كمية مناسبة من الكالسيوم . أما المنجنيز فقد وجد أنه يلعب دورا هاما فى تكوين العقد الجذرية، وقدرتها على تثبيت الأزوت بواسطة نبات فول الصويا ، وقد عزى البعض تأثيره إلى أن وجوده يساعد على الاستفادة من الكالسيوم . كما وجد أن الفوسفات تزيد من نمو المحاصيل البقولية ، كما تزيدمن قدرتها على تثبيت الأزوت. أما البوتاسيوم فيساعد على تثبيت الأزوت عن طريق تأثيره على زيادة تكوين الكربوايدرات فى النباتات .

ولبعض العناصر النادرة Trace elements تأثير واضح على مقدار ما تثبته النباتات البقولية من أزوت . فلعنصر المولبدنوم Molybdenum أهمية خاصة فى عملية التثبيت نفسها ، فقد لوحظ أن غيابه أو وجوده بكميات قليلة جداً فى التربة لا يؤثر على نمو النباتات ، ولا يمنع من تكوين العقد الجذرية، ولكن تلك العقد تفقد قدرتها على تثبيت الأزوت . أما البورون Boron فقد ظهر أن وجوده ضرورى لتكوين العقد الجذرية .

أما المخصبات الأزوتية كالنترات، فإن وجودها بكميات كبيرة فى التربة يزيد من نمو المحاصيل البقولية . ولكن على العكس ينشأ عن وجودها نقص واضح فى كمية ما تثبته تلك النباتات من الأزوت الجوى، وبالعكس كلما قلت كمية النترات فى التربة زادت كمية الأزوت المثبت، أى أن كمية الأزوت التى تثبتها البكتريا العقدية بالاشتراك مع النباتات البقولية تتناسب تناسبا عكسيا مع كمية المواد الأزوتية الذائبة فى التربة. ولم يعرف بالضبط تأثير وجود النترات فى التربة على كمية الأزوت المثبت، وقد وضعت عدة تفسيرات لذلك منها :

١ — أن النترات نفسها تمنع تكوين العقد الجذرية على جذور النباتات . فالبكتريا لا تتأثر ولا تموت لوجود النترات فى التربة ، ولكن قد يكون لوجودها بكثرة فى التربة تأثير فسيولوجى على النبات نفسه يمنع البكتريا من تكوين العقد الجذرية .

٢ — عندما توجد النترات بكميات وافرة فى التربة فإنه ترتفع تبعا لذلك نسبتها فى عصارة النبات ، مما يؤدى إلى سرعة استنفاد المواد الكربوايدراتية لتكوين أنسجة نباتية. ولما كانت المواد الكربوايدراتية غذاء ضرورى للبكتريا العقدية فإن قلة تركيزها قد يؤدى إلى توقف نمو البكتريا بعد اختراقها لجذور النبات ، وتكون النتيجة النهائية هو عدم تكوين العقد الجذرية، وبالتالى قلة كمية الأزوت المثبت .

على أنه فى بعض الأحوال قد يكون لوجود بعض الأزوتات فى التربة أثر مفيد عند بدأ النمو ، فالبقوليات ذات البذور الصغيرة مثل البرسيم تحتاج إلى وجود بعض الأزوتات عند الزراعة ، وذلك لأن ما يوجد ببذور هذه النباتات من المواد الازوتية قد لا يكفى حتى تتمكن النباتات من تكوين العقد الجذرية والاعتماد عليها فى الحصول على ما يلزمها من الازوت . أما البقوليات ذات البذور الكبيرة مثل فول الصويا والفول والبسلة فإنها لا تتأثر كثيرا فى حالة خلو التربة من الازوتات إبان الأطوار الأولى من النمو ، وذلك لاحتواء بذورها على كمية وافرة من المواد الازوتية تفى بحاجتها حتى تتكون على جذورها العقد الجذرية .

ولا تتوقف كمية ما تثبته النباتات البقولية من الازوت المنفرد على ماسبق ذكره من عوامل طبيعية أو كيميائية فقط ، ولكن تتوقف أيضا على عوامل حيوية تتعلق بكل من النبات والبكتريا ومقدار استجابة كل منهما للآخر أثناء معيشتهما المشتركة ، ويرجع التفاوت فى الاستجابة إلى ما يأتى :

(١) سلالة البكتريا Strain variation within a species of Rhizobia

فالسلالات المختلفة لنوع واحد من البكتريا العقدية تختلف فى مقدرتها على تثبيت الازوت الجوى بالاشتراك مع العائل ، فمثلا إذا عزلت ١٠٠ مزرعة نقية من البكتريا التى تصيب البرسيم من عقد جذرية لنباتات مأخوذة من حقول برسيم مختلفة ، فإن هذه السلالات البكتيرية تختلف فى قدرتها على تثبيت الازوت الجوى عندما تدخل فى معيشة مشتركة مع صنف واحد من البرسيم، فقد وجد مثلا أن من بين المائة مزرعة التى عزلت نحو ٢٥ مزرعة لها قدرة عالية على تثبيت الازوت ، ونحو ٥٠ منها متوسطة، بينما الباقى ليس له إلا قدرة ضعيفة على تثبيت الازوت. وقد أطلق على السلالات التى لا تثبت الازوت أو تثبته بكميات ضئيلة اسم سلالة غير فعالة (Uneffective strain) تمييزا لها عن السلالات الفعالة (Effective strain)

ويعتقد بعض الباحثين أن اختلاف السلالات عن بعضها فى مقدرتها على تثبيت الازوت يرجع إلى السرعة التى تتحلل بها العقد الجذرية، فالسلالات غير الفعالة تتحلل عقدها بسرعة عقب تكوينها بخلاف السلالات الفعالة التى تستمر عقدها فترة طويلة تثبت خلالها كمية كبيرة من الازوت قبل أن تتحلل . وعلى ذلك فالفرق بين الإثنين هو فرق كمى . فإذا قامت العقدة الجذرية بوظيفتها مدة طويلة من الزمن تثبت خلالها كمية كبيرة من الازوت، اعتبرت العقدة ناشئة من سلالة بكتيرية فعالة، أما إذا تحللت العقدة فى فترة

قصيرة،فإنه رغما من مقدرتها على تثبيت الأزوت الجوى خلال فترة حياتها فإنها تعتبر ناشئة من سلالة غير فعالة .

(ب) تخصص النبات العائل Host plant specificity

كما تختلف السلالات البكتيرية لصنف واحد من البكتريا العقدية فى قدرتها على تثبيت الازوت من نوع واحد من العائل، فإن سلالة بكتيرية واحدة تختلف فى قدرتها على تثبيت الازوت باختلاف العوائل التى تستطيع أن تدخل معها فى معيشة مشتركة التى تضمها مجموعة واحدة .

(Plant bacterial group)، فمثلا الميكروب Rhizobuim meliloti المعزول من البرسيم الحجازى ،يستطيع أن يكون عقدا جذرية مع كل من البرسيم الحجازى والنفل والحندقوق والحلبة التى تضمها مجموعة واحدة ، إلا أنه من الثابت أن البكتريا التى تعزل من عقد جذور البرسيم الحجازى ، فإنها أقدر على تثبيت كمية أكبر من الازوت إذا ما لقح بها برسيم حجازى عما إذا لقحت بها بقية النباتات الداخلة معه فى نفس المجموعة . كما أن البكتريا التى تعزل من عقد الحلبة أقدر على تثبيت الازوت عندما تلقح بها الحلبة عما إذا لقحت ببكتريا عزلت من البرسيم . وقد يكون هذا التخصص أبعد مدى فإن صنفا واحداً من البكتريا العقدية الخاصة بالبرسيم ، قد يكون أقدر على تثبيت الازوت بالاشتراك مع سلالة معينة من البرسيم عن سلالة أخرى من البرسيم.والحقائق المتقدمة عن أهمية النبات البقولى (العائل) فى عملية تثبيت الازوت الجوى تدعو إلى مراجعة الرأى القائل بأن البكتريا هى التى تقوم بعملية تثبيت الازوت، وأن دور النبات ما هو إلا مجرد مدها بالكربوايدرات اللازمة لنموها .

وقدرة سلالة من البكتريا على تثبيت الازوت لصنف معين من البقوليات صفة غير ثابتة ، فقد وجد أن تلقيح التربة بسلالة فعالة من

البكتريا قد ينتج عنها طفرات غير فعالة.ولم يعرف شيء بعد عن ظروف التربة التي تشجع نمو هذه الطفرات على حساب السلالة الاصلية . وقد أمكن تغيير مقدرة بعض السلالات على تثبيت الازوت،فقد وجد مثلا أنه إذا نمت البكتريا العقدية في بيئة تحتوى على نسبة عالية من بعض الاحماض الامينية مثل الجليسين ، فإنها سرعان ما تفقد قدرتها على تثبيت الأزوت عندما يلقح بها النبات العائل ، وبالعكس فإنه من الممكن تحويل السلالات غير الفعالة إلى أخرى فعالة . فإذا مرت البكتريا عدة مرات خلال العائل بتلقيحه بها ثم عزلها ثم إعادة التلقيح والعزل عدة مرات، فإن ذلك يزيد من مقدرة البكتريا على تثبيت الازوت الجوى ويحولها فى النهاية إلى سلالة فعالة .

تكوين عقد بكتيرية على نباتات أخرى

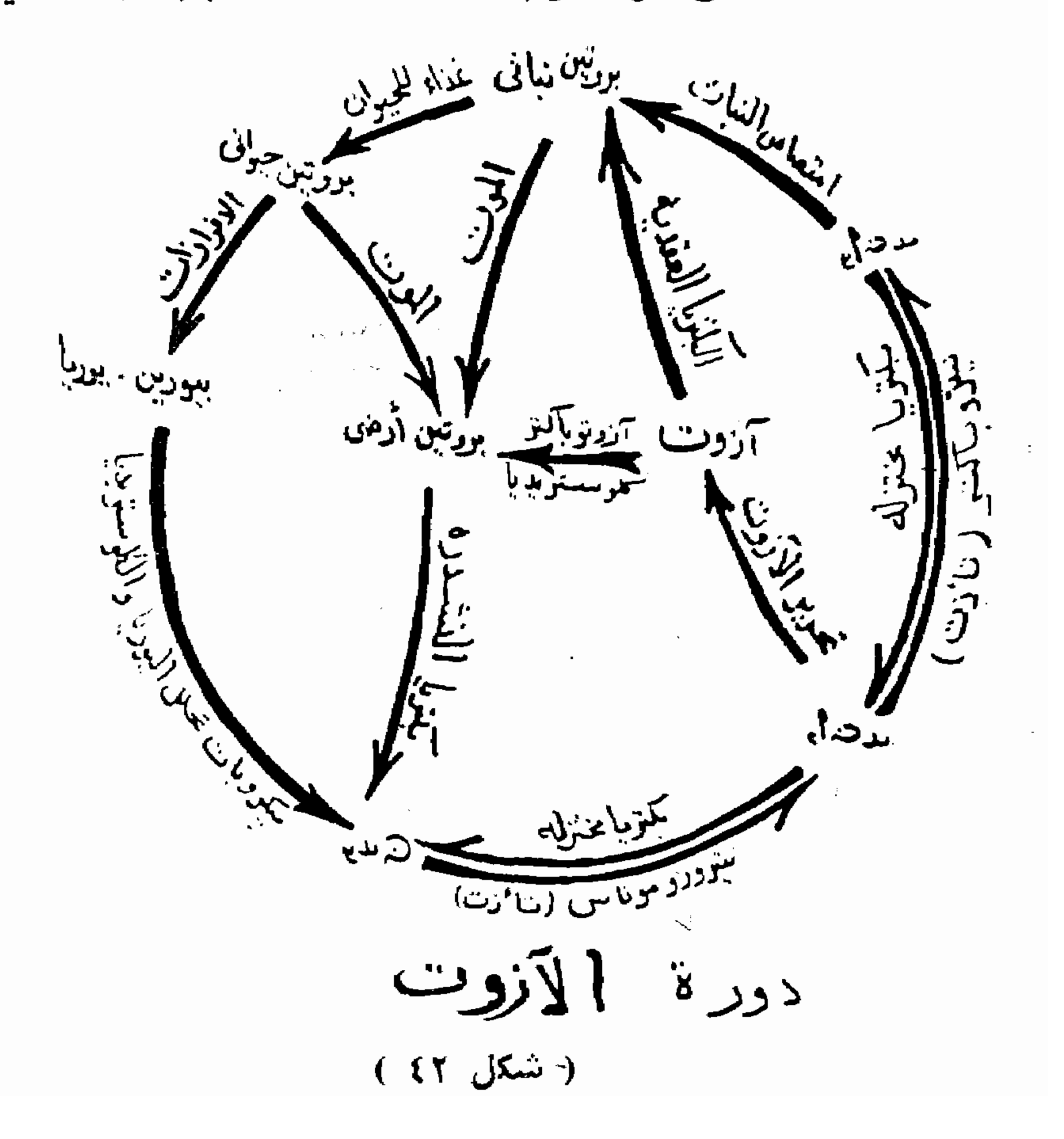
بالرغم من وجود العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية، إلا أنه توجد نباتات أخرى تتبع عائلات مختلفة تحتوى على عقد بكتيرية ، ولكنها ليست جميعا مثبتة لنتروجين الهواء الجوى ، فيوجد أنواع من نباتات Alnus تحتوى جذورها على عقد بكتيرية . قد أثبت Hiltner (١٨٩٦) أن هذه العقد تستطيع تثبيت الأزوت الجـــوى ، ولقد أثبت حديثاً أن نبات Alnus glutinosa يحتوى فى جذوره على عقد بكتيرية تستطيع تثبيت أزوت الجو ، وذلك بأن زرعه فى رمل لا يحتوى على مركبات النتروجين ، وتمكن النبات من النمو بدون أن تظهر عليه أعراض نقص الأزوت ، كما أمكنه عزل الميكروب المسبب لهذه العقد .

هذا وقد وجد أيضا أن جذور نبات Coriaria japonica تحتوى على عقد بكتيرية تثبت الأزوت الجوى ، كما وجد أيضا عقد بكتيرية فى كثير من النباتات تثبت الأزوت مثل . Hippophae, Elaegnus, Alnus Casuarina, Myrica gale، وهذه نباتات معمرة أما أشجار أو شجيرات . وأهميتها فى الغابات وليس فى الأراضى الزراعية .

ولقد شوهدت عقد بكتيرية موجودة على الأوراق تثبت أزوت الهواء الجوى مثل نباتات تابعة لعائلة Rubiaceae, Dioscarea . ولقد تمكن Van Faber سنة ١٢ — ١٩١٤ من عزل الميكروبات المسببة وزراعتها فى البيئات الصناعية ، ووجد أنها تثبت من ٥ — ٦ ملليجرام من النيتروجين فى ٢٠ يوما على بيئة صناعية (٢٠٠سم٣) تحتوى على ٢./٪ صمغ عربى كمصدر للكربون ، ولقد تمكن هذا العالم من إيجاد نباتات خالية من هذا الميكروب، وذلك بتعقيم البذور، ولاحظ أن هذه النباتات ضعيفة وهزيلة .

دورة الأزوت

تتلخص التفاعلات التى تجرى لمركبات الأزوت فى التربة بالدورة التالية



دورة الآزوت

(شكل ٤٢)

تلقيح التربة بالميكروبات
Soil Inoculation

قد تلقح التربة بالميكروبات النافعة مثل الأزتوباكتر ، ولكى يتكاثر الميكروب الملقح لابد من توافر العوامل المناسبة لنموه .

ولكنه ثبت أن تلقيح التربة بميكروبات العقد الجذرية للنباتات البقولية هام جداً ، خصوصاً فى الأراضى المستصلحة حديثا ، والتى لم تزرع بعد بالنباتات البقولية ، أو عند إدخال صنف جديد من النباتات البقولية لم يزرع بعد بتلك الأراضى .

وقد وجد فرتانن أن تلقيح المحصول البقولى يعطى إنتاجا أكثر من المحصول غير الملقح المضاف إليه أملاح النيتروجين كما يرى من نتائجه الآتية:

تأثير التلقيح على نمو البرسيم الأحمر (عن فرتانن)
الرقم الأيدروجينى للرمل المزروع فيه البرسيم ٦٫٥
عدد النباتات فى كل أصيص ١٠ نبات
عمر النباتات عند التحليل ١٠٦ يوم

التغذية النتروجينية	التلقيح	تقدير الوزن الجاف للنباتات بالجرام
محلول مغذى + نترات البوتاسيوم	غير ملقح	٢٣٫٧٨
« « + نترات البوتاسيوم	غير ملقح	٢٤٫٠٧
« « + كبريتات الأمونيوم	غير ملقح	٢٢٫٣٢
« « + كبريتات الأمونيوم	غير ملقح	١٨٫٠٠
محلول مغذى خالى من أملاح النتروجين	ملقح	٣١٫٣٨
محلول مغذى خالى من أملاح النيتروجين	ملقح	٣٠٫٢٧

وفيما يلى طرق التلقيح المتبعة :

توجد طريقتان لتلقيح النباتات البقولية بواسطة البكتريا العقدية :

١ — إستعمال التربة

وتتلخص هذه الطريقة فى نقل ما يقرب من ٥٠٠ رطل من التربة المأخوذة من الطبقة السطحية لعمق ١٥ — ٢٠ سم من حقل سبق زراعته بنجاح بنفس المحصول البقولى المراد زراعته . وهذه الكمية تكفى لتلقيح فدان واحد ، تنثر بانتظام على سطح الحقل ، ثم تخلط جيداً بالتربة الأصلية قبل زراعة البذور . وقد تتبع أحيانا طريقة أخرى للتلقيح بواسطة التربة ، وذلك بأن تخلط كمية مناسبة منها بمقدار من الماء يكفى لتكوين شبه عجينة خفيفة ثم تخلط بها البذور خلطا جيداً ثم تترك لتجف قليلا قبل زراعتها .

ولاستعمال التربة فى التلقيح عدة عيوب ، منها عدم التأكد من معرفة ما إذا كانت التربة تحتوى على عدد كاف من البكتريا لتكوين العقد الجذرية ، كما قد تكون البكتريا الموجودة بالتربة غير فعالة ، أو قد تحتوى التربة المنقولة على كثير من بذور الحشائش الضارة كالهالوك أو على ميكروبات بعض الأمراض النباتية ، ولذلك فان هذه الطريقة قلما تستعمل فى الوقت الحاضر علاوة على أنها مكلفة .

٢ — استعمال المزارع البكتيرية

وفى هذه الطريقة تخلط البذور قبل زراعتها مباشرة بمزرعة نقية من بكتريا العقد الجذرية ، وتحضر المزارع البكتيرية على ثلاث صور مختلفة :

(ا) مزارع سائلة Liquid cultures

تحضر هذه المزارع بتلقيح بيئة مناسبة مثل بيئة خلاصة التربة بالبكتريا الخاصة ، ثم تترك لتنمو على درجة حرارة ٢٥°م ، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه ، تعبأ فى زجاجات وتشحن إلى مناطق استعمالها . وتجرى عملية التلقيح بترطيب البذور وخلطها جيداً بالبيئة بعد تخفيفها قليلا بالماء ، ثم تترك البذور لتجف

قليلا فى مكان ظليل قبل زراعتها . وهذه الطريقة قليلة الانتشار وذلك لكثرة تكاليفها وصعوبة شحنها وتعرضها للتلوث أثناء الشحن .

(ب) مزارع الآجار

تحضر هذه المزارع بتلقيح أنابيب اختبار كبيرة أو زجاجات خاصة ذات جانب مسطح، تحتوى على بيئة مغذية مضاف إليها الآجار، ببكتريا العقد الجذرية، ثم تحفظ على درجات حرارة ملائمة لنمو البكتريا ، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه، تشحن هذه الأنابيب أو الزجاجات إلى مناطق إستعمالها . ولاستعمال هذه المزارع فى التلقيح يضاف الماء أو اللبن الفرز إلى أنابيب أو زجاجات الآجار، ثم يكشط النمو البكتيرى من فوق سطح الآجار، ويخلط جيداً مع الماء أو اللبن الفرز ثم تلقح البذور بالطريقة السالفة الذكر فى المزارع السائلة .

(حـ) مزارع البكتريا على مادة حاملة

وهذا النوع من المزارع هو الأكثر انتشاراً ، ويحضر بتنمية البكتريا أولا على بيئة سائلة، حتى إذا ما بلغ النمو أقصاه ، أضيف السائل الذى يحتوى على البكتريا إلى مادة حاملة مثل الدوبال ، أو خليط من التربة والفحم ، ثم يخلط سويا خلطاً جيداً بحيث تكون درجة الرطوبة النهائية فى المخلوط تتراوح ما بين ٤٠ ٪ — ٥٠ ٪ ، ثم يعبأ المخلوط فى أكياس من السلوفان أو علب من الصفيح محكمة القفل، ثم توزع فى الأسواق . والمزارع المحضرة بهذه الطريقة تحتفظ بحيويتها فترة طويلة ، خصوصاً إذا حفظت على درجات حرارة منخفضة ، على أنه من المستحسن استعمال التحضيرات الحديثة لضمان الحصول على أحسن النتائج . ولاستعمال هذا النوع من المزارع ، تؤخذ كمية مناسبة من المزرعة ويضاف إليها الماء بكمية كافية لعمل مايشبه (محلول) أو (معلق) ، وهذا يضاف إلى البذور المراد تلقيحها ثم تقلب معه جيداً وتنشر لتجف قليلا قبل زراعتها .

ويقوم فى الوقت الحاضر كثير من المعامل فى أوروبا وأمريكا بتحضير مزارع بكتيريه لتلقيح النباتات البقولية، وتوجد هذه المستحضرات فى الأسواق تحت أسماء مختلفة ، وقد تحتوى هذه المزارع على صنف واحد من البكتريا لتلقيح بذور جميع النباتات التى تقع فى مجموعة واحدة Bacterial-plant group ، فتوجد مزارع بكتيرية لتلقيح نباتات مجموعة البرسيم وأخرى خاصة بمجموعة البسلة وهكذا . . أو تحضر مزارع نقية بحيث تحتوى على البكتريا الخاصة بنبات معين فى المجموعة الواحدة ، فمثلا تحضر مزارع لتلقيح تقاوى البرسيم الحجازى وأخرى خاصة بالحلبة . كذلك قد تحضر مزارع خاصة بكل صنف من النبات البقولى الواحد . وبجانب هذا تحضر مزارع بكتيرية لتلقيح تقاوى نباتات أكثر من مجموعة واحدة ، فتوجد مزارع تحتوى على بكتريا خاصة بمجموعة البرسيم الحجازى مثلا مختلطة مع بكتريا مجموعة فول الصويا .

وقد توصل قسم الميكروبيولوجيا الزراعية بوزارة الزراعة إلى استنباط بيئة جافة لتحميل البكتريا العقدية الخاصة لكل من أنواع المحاصيل البقولية المختلفة، وقد أطلق على هذا المستحضر اسم (عقدين) ويتركب « العقدين » من حامل Carrier مكون من الآتى :

تربة منخولة	٩٠٠ جرام
مسحوق فحم حيوانى ناعم	١٠٠ جرام
جيلاتين	١٠ جرام
سكر المانيتول	١٠ جرام
فوسفات ثنائى البوتاسيوم	٥ جرام

يلقح الحامل السابق الذكر بمزرعة نقية ونشيطة (عمرها ثلاثه أيام) من الريزوبيوم وتخلط جيداً .

ولقد ذكر القسم أن البكتريا تستطيع أن تعيش بهذا المسحوق لمدة طويلة تتجاوز الأربعة شهور على درجة حرارة الحجرة، وأن العقدين أعطى

عدداً أكبر بعد أربعة شهور على درجة حرارة المعمل ، كما أنه أعطى أكبر عدد من العقد البكتيرية على الجذور، وذلك عند تلقيح النباتات به .

ولقد لوحظ أنه عند زراعة نبات بقولى فى تربة ما باستمرار ، ينشأ عنه اضمحلال فى تكوين العقد البكتيرية على جذور هذا النبات . ويعلل البعض ذلك بأن السلالات المختلفة لبكتريا العقد الجذرية تخضع للتأثير السيء للبكتريوفاج (الفيروس الذى يتطفل على هذه السلالات) ، كما تتأثر هذه السلالات أيضا بواسطة الميكروبات المضادة فى التربه .

ومما يدعو إلى الدهشة أن الفاصوليا فى الاقليم المصرى تختفى العقد الجذريه من على جذورها جزئيا أو كلية، بالرغم من تلقيح بذورها بالعقدين ، والأبحاث جارية لمعرفة السبب .

وهنا تجب الاشارة إلى نتائج تجارب طه بقسم البكتريولوجيا الزراعية بكلية الزراعة بجامعة عين شمس . وقد أجراها على محصول العدس فى مناطق الإصلاح الزراعى فى الوجه القبلى . ووجد أن تلقيح البذور بالبكتريا العقدية قد أدى إلى زيادة المحصول ، كما أن إضافة النترات أدت إلى زيادة أخرى كما يتضح من النتائج الآتية :

	(١٩٥٩)	(١٩٦٠)	
عدم تلقيح	٤٫٨٦	٤٫٨	أردب/فدان
تلقيح	٦٫٣٠	٥٫٣	» »
تلقيح + نترات	٧٫٠٧	٥٫٨	» »

هذا وقد أجريت هذه التجارب فى أراضى خصبة باسنا تنتشر فيها زراعة العدس ، مما يدل على أن التلقيح يزيد المحصول حتى فى الأراضى الجيدة التى سبق زراعتها بالعدس ، كما أن إضافة النترات تزيد المحصول أيضا .

الباب التاسع

دورتى الكبريت والحديد وتحول بعض العناصر الأخرى

دورة الكبريت

Sulphur Cycle

يعتبر الكبريت عنصراً هاما فى تغذية النبات ، ويوجد فى التربة (القشرة الأرضية) عموما بنسبة ٠,١١ ٪ كذا يوجد الفوسفور بهذه النسبة . ويدخل الكبريت فى تركيب النباتات عموما ، ولكن نسبته تختلف بإختلاف النبات إذ أن بعض النباتات يوجد بها الكبريت بنسبة عالية ، كما هو الحال فى كثير من الصليبيات مثل الكرنب والقرنبيط وغيرها ، ويدخل الكبريت فى تركيب بعض من الأحماض الأمينية مثل السستين Cystine ، ويوجد الكبريت فى التربة الزراعية كما يضاف لها على الصور الآتية :

١ — يدخل فى تركيب المواد العضوية التى هى عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات التى تضاف على هيئة سماد أو متخلفات من المحاصيل مثل جذور وأوراق وفروع هذه النباتات .

٢ — على هيئة كبريت يضاف إلى التربة الزراعية كسماد أو يسقط فى مياه الأمطار .

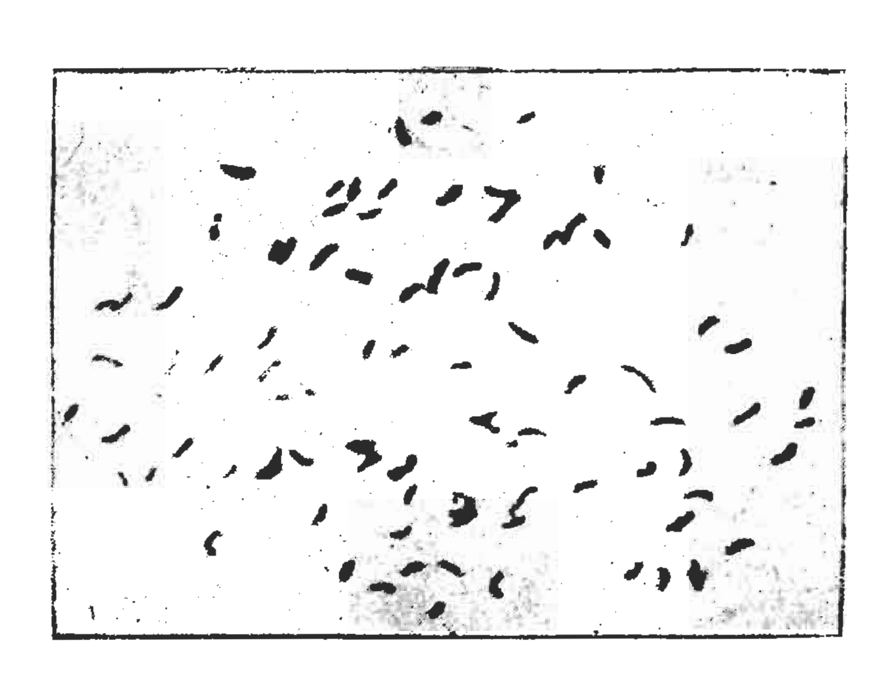
٣ — على هيئة كبريتات مثل الأسمدة المحتوية عليها مثل السوبر فوسفات والجبس Gupsum .

٤ — يوجد الكبريت أيضا على الصورة المختزلة يد٢ كب في البراكين وفى الينابيع الكبريتية ، ولكن وجوده بهذه الصورة قليل ولا يتراكم حيث أنه سريع التأكسد فى وجود الاوكسجين .

ويحدث للكبريت والمركبات الكبريتية عدة تغيرات كثيرة فى التربة الزراعية نتيجة لفعل الميكروبات المباشر أو الغير مباشر .

تحلل الكبريت العضوى

تتحلل هذه المواد العضوية وينتج عنها فى النهاية الكبريت الغير عضوى يد٢كب، وتشابه هذه الحالة عملية النشدرة بالنسبة للأزوت . وعادة تلاحظ الرائحة الكريهة التى تنتج من تحلل هذه المواد ، ويرجع سببها إلى يد٢ كب، ويقوم بهذا العمل كثير من البكتريا الهتروتروفية .



(شكل ٤٣)
بكتريا اختزال الكبريتات
دى سلفو فيرو . دى سلفيوريكنز
Desulfovibrio desulfuricans

تكوين يد٢ كب من الكبريتات

يتم ذلك باختزال الكبريتات بواسطة جنس Desulfovibrio الذى يؤكسد المادة العضوية مختزلا الكبريتات ، مشابها فى ذلك إختزال الأزوتات فى دورة الأزوت. وتستطيع هذه البكتريا إختزال الكبريتيت والثيوكبريتات أيضاً . والبكتريا غير هوائية حتما . ويشاهد نشاطها غالباً فى الطين فى قاع البرك وعلى الشواطىء .

ونظرا لأن ماء البحر يحتوى نسبة كبيرة من الكبريتات فعملية اختزالها سبب هام فى تحويل المادة العضويه إلى غير عضوية فى قاع البحار . وتشاهد هذه الحالة فى البحر الإسود حيث يحول قاعه إلى طبقة من الطين الاسود لاحتوائه على كبريتور الحديدوز

وفيما يلى التفاعل الذى يحدثه هذا الميكروب :

ك يد٣ ك ا ايد + كا كب ا٤ ← ٢ ك ا٢ + يد٢ كب + كا (ا يد)٢

أو قد تجرى البكتريا أكسدة غير كامله للكحول فمثلا :

٢ ك يد٣ ك يد٢ ايد + كا كب ا٤ ← ٢ ك يد٣ ك ا ايد + يد٢ كب + كا (ايد) ٢

تجدر الاشارة أيضا إلى أن Clostridium nigrificans المحب للحرارة العالية يستطع اختزال الكبريتات على درجة ٥٥°م ويسمى

ate — reducing bacteria

أكسدة الكبريت

تقوم كثير من ميكروبات الكبريت بأكـ
إلى حامض كبريتيك وذلك بواسطة الميكروبات الأوتوتروفية لكى تحصل على الطاقة اللازمة لحياتها . ونتيجة الأكسدة هو تكوين أيون الايدروجين ، وعلى ذلك فإضافة الكبريت طريقة لمعالجة الأراضى القلوية .

ويمكن تقسيم هذه الميكروبات إلى مجموعتين :

١ — بكتريا الكبريت الهوائية غير الملونة

وهذه تنقسم قسمين :

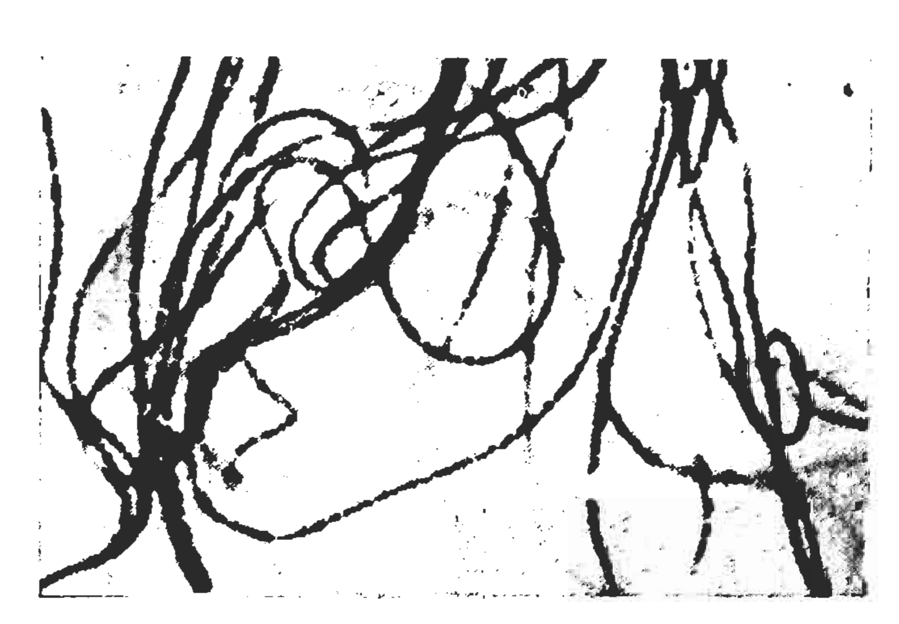
(ا) **Thiobacillus** : ميكروبات صغيرة عصوية تشبه كثيرا ميكروبات جنس Pseudomonas . تؤكسد الكبريت خارج خلاياها وكذلك الثيوكبريتات إلى يد$_٢$ كب ا$_٤$ كما هو مبين فى التفاعل الآتى :

$$\text{كب}_٢\text{ا}_٣^{=} + \text{يد}_٢\text{ا} + ٢\,\text{ا}_٢ \longrightarrow ٢\,\text{كبا}_٤^{=} + ٢\,\text{يد}^{+}$$

ولا تخزن هذه البكتريا حبيبات الكبريت داخل خلاياها .

وميكروب Thiobacillus thiooxidans من الميكروبات التى تتحمل حموضة عالية جداً، وتسمى Aciduric حيث يتحمل الرقم الأيدروجينى ٣ ، ويستطيع أن ينمو فى تركيز ٥ — ٧ ٪ حامض يد$_٢$ كب ا$_٤$.

(ب) **Beggiatoa** . وهى ميكروبات كبيرة الحجم شريطية تقرب صفاتها من صفات البكتريا غير الحقيقية، وتؤكسد يد$_٢$ كب إلى كبريت يترسب داخل خلاياها على شكل حبيبات ثم يتحول بعد ذلك بالاكسدة إلى يد$_٢$ كب ا$_٤$ ويختفى من الخلايا . وتتم هذه العملية فى وجود الاوكسجين ويمثل بالتفاعل الآتى :



(شكل ٤٤)
خلايا Beggiatoa وتشاهد فيها حبيبات الكبريت

جدول (١٩)

اكسدة الكبريت الى حامض الكبريتيك بواسطة بكتريا Thiobacillus thiooxidans
(عن واكسمان واستاركى)

فترة التحضين أيام	حجم المزرعة سم^{3}	مزرعة للمقارنة		مزرعة ملقحة بالبكتريا		اختفاء الكبريت بالملليجرام	زيادة الكبريتات بالملليجرام
		الكبريت بالملليجرام	الكبريتات بالملليجرام	الكبريت بالملليجرام	الكبريتات بالملليجرام		
١٥	١٠٠	١٠٠١	٨٦ر٤	٧٨٨	٣٠٢ر١	٢١٣	٢١٥ر٧
٣٠	١٠٠	٩٩٢	٩٠ر٥	٧٣٥	٣٥٤ر٠	٢٥٧	٢٦٣ر٥
١٥	٣٠٠	٣٠٠٢	١١٢ر٢	٢٤٩٦	٦٣٢ر٠	٥٠٦	٥٢٠ر٨
٣٠	٣٠٠	٢٩٩٧	١٢٦ر٥	١٩٧٤	١١٦٨ر٠	١٠٢٣	١٠٤١ر٥

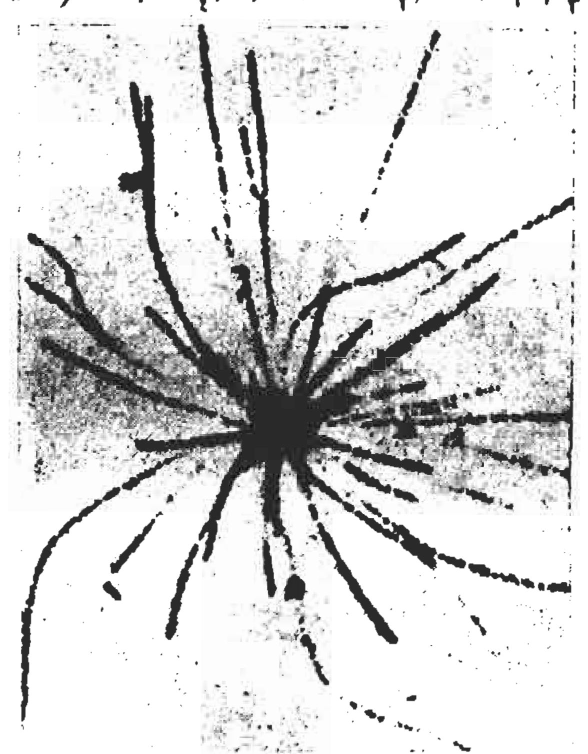
٢ يد$_{٢}$ كب + ا$_{٢}$ ← ٢ كب + يد$_{٢}$ا

٢ كب + ٢ يد$_{٢}$ا + ٣ ا$_{٢}$ ← ٢ كب ا$_{٤}^{=}$ + ٤ يد$^{+}$

وهذه البكتريا أوتوتروفية ، فتستعمل ك ا$_{٢}$ مصدراً للكربون وتكون منه مركبات فى الخلية كالآتى :

٢ يد$_{٢}$ كب + ك ا$_{٢}$ ← ٢ كب + (ك يد$_{٢}$ ا) + يد$_{٢}$ ا

٢ كب + ٥ يد$_{٢}$ ا + ٣ ك ا$_{٢}$ ← ٢ كب ا$_{٤}^{=}$ + ٣ (ك يد$_{٢}$ ا) + ٤ يد$^{+}$

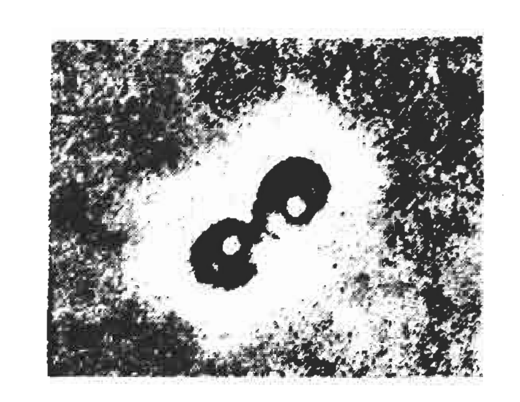


(شكل ٤٥)
خلايا بكتريا الكبريت Thiothrix على شكل
وردة بها حبيبات كبريت

وهناك ميكروب آخر مشابه للسابق وإسمه Thiothrix شريطى أيضاً والخلايا غير متحركة ويحدث التكاثر ، وتتحرر الخلايا الطرفية من الشريط وتعرف بالجونيديا Gonidia .

٢ — بكتريا الكبريت غير الهوائية الملونة Photosynthetic group

البكتريا هنا تحتوى على مواد ملونة يمكنها تمثيل الضوء ، وهى غير هوائية وتنقسم إلى قسمين :



(شكل ٤٦)
لاحظ حبيبة الكبريت فى خلية بكتريا الكبريت الارجوانية

ا — بكتريا الكبريت الأرجوانية Purple sulfur bacteria .

توجد البكتريا فى الينابيع الكبريتية ، وكذا فى الارض التى يوجد بها طين أسود Black mud ، حيث يوجد يد$_٢$ كب . البكتريا عصوية أو حلزونية ذات فلاجلوم فى الطرف تتبع عائلته Thiorodaceae التابعة لفصيلة Pseudomonadales . يتراكم الكبريت فى داخل الخلايا (شكل ٤٦) .

٢ يد$_٢$ كب + ك ا$_٢$ ⟵ضوء ٢ كب + (ك يد$_٢$ ا) + يد$_٢$ ا

٢ كب + ٣ ك ا$_٢$ + ٥ يد$_٢$ ا ⟵ضوء ٢ كب ا$_٤^{=}$ + ٣ (ك يد$_٢$ ا) + ٤ يد$^{+}$

التفاعل العام : يد$_٢$ كب + ٢ يد$_٢$ ا + ٢ ك ا$_٢$ ⟵ضوء يد$_٢$ كب ا$_٤$ + ٢ (ك يد$_٢$ ا)

وتجب الإشارة إلى أن هناك بكتريا أرجوانية غير كبريتية ممثله للضوء ، هذه الميكروبات حمراء قرمزيه أو بنية اللون شريطية تختزل ك ا$_٢$ على حساب المواد العضوية أو الهيدروجين الجزيئى :

١ — ك ا$_٢$ + ٢ ك$_٢$ يد$_٥$ يد ا ⟵ (ك يد$_٢$ ا) + يد$_٢$ ا + ٢ ك يد$_٣$ ك ا يد

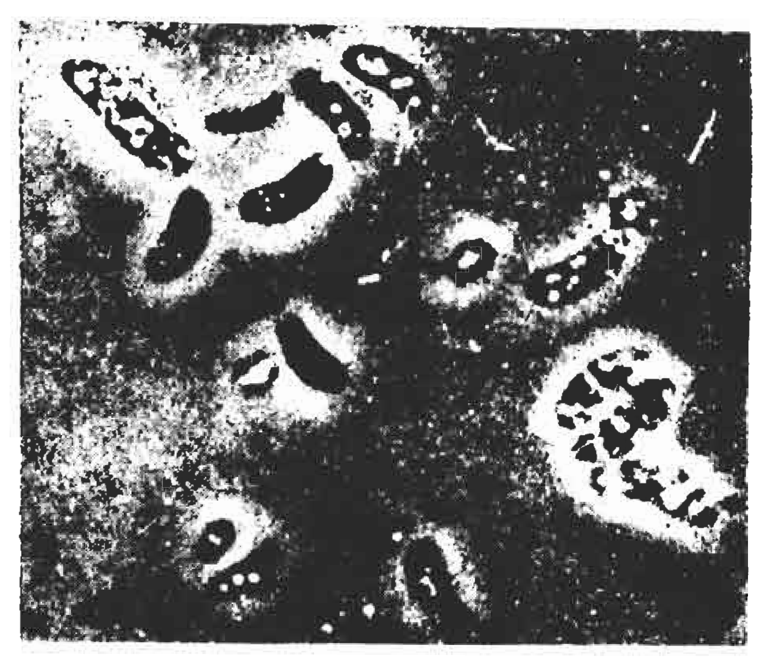
٢ — ك ا$_٢$ + ٢ يد$_٢$ ⟵ (ك يد$_٢$ ا) + يد$_٢$ ا

وهذه الميكروبات تحتاج إلى عوامل النمو المنشطه Growth factors

(ب) بكتريا الكبريت الخضراء Green sulfur bacteria

بكتريا عصوية صغيرة غير متحركة تتبع عائلة Chlorobacteriaceae

التابعة لفصيلة Pseudomonadales . حبات الكبريت فى هذه الحالة تتكون خارج الخلايا والظاهر أن هناك علاقة بين الحجم وترسيب حبيبات الكبريت



(شكل ٤٧)
بكتريا الكبريت الارجوانية وتحتوى على حبيبات كبريت

فى هذه الحالة الخلايا صغيرة ولا يمكنها استيعاب الحبيبات ، والتفاعلات تشبه ما يحدث فى حالة البكتريا الأرجوانية .

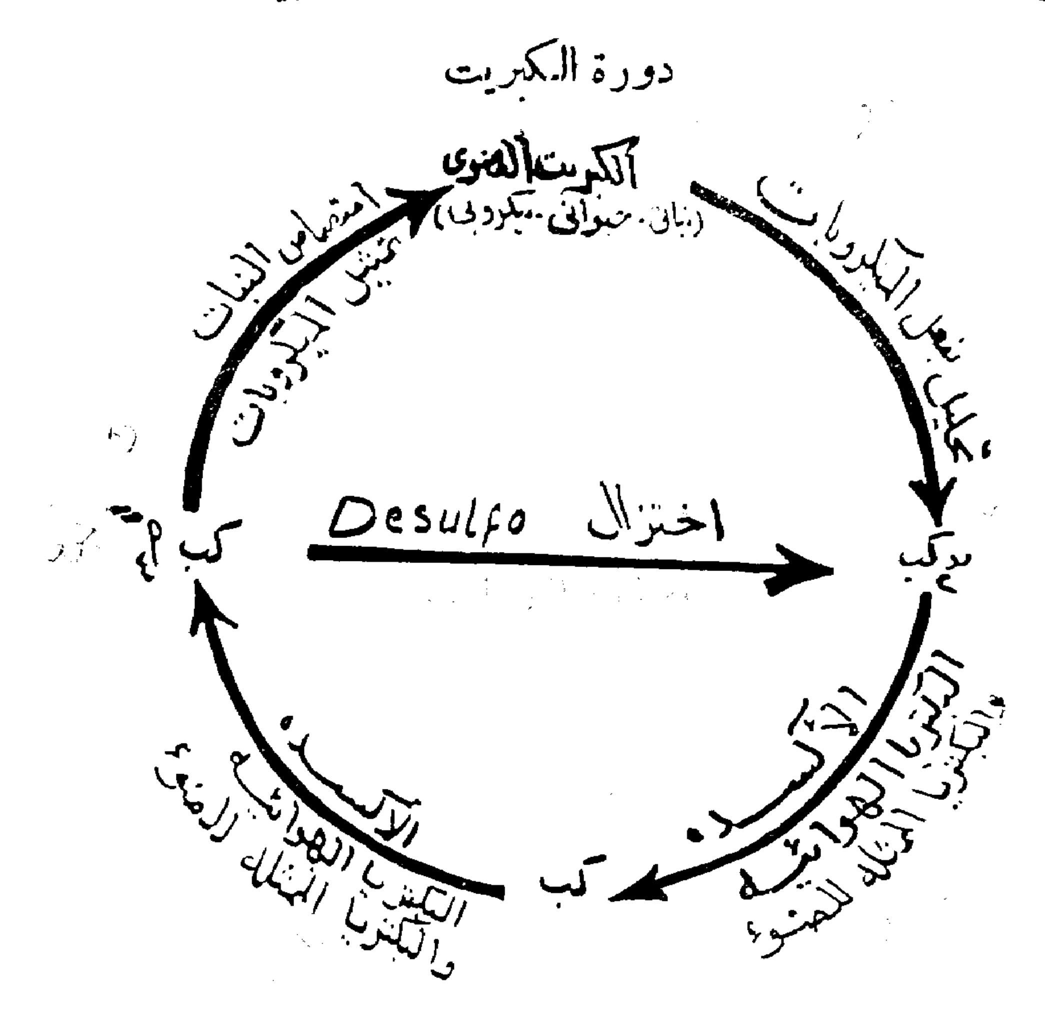
المواد الملونة فى الميكروبات الممثلة للضوء

The Pgiments of Photosynthetic bacteria

يرجع لون الميكروبات المذكورة التى تحصل على طاقتها من التمثيل الكربونى (الأتوتروفية) إلى مادتين ملونتين :

١ — كاورفيل ميكروبى Bacterial Chlorophyl ، ويمكن استخلاص هذا النوع من الكلورفيل بواسطة كحول الإيثيل ، ولونه أخضر ويوجد فى كل أنواع هذه الميكروبات ، ويشبه كاوروفيل النباتات الراقية (ذرة مغنسيوم محاطة بأربعة حلقات من بيرول) .

٢ ـــ Carotinoids مواد يمكن استخلاصها بواسطة الكلوروفورم ، ولونها أحمر أو أصفر ، وتوجد فى الميكروبات القرمزية .



دورة الكبريت

(شكل ٤٨)

تبدأ الدورة بامتصاص النبات للكبريتات، فيتحول الكبريت من معدنى إلى عضوى . وبعد موت الحيوان أو النبات أو الميكروبات ، تتحلل هذه تحت فعل الميكروبات إلى الكبريت المختزل فى صورة يدكب، الذى تؤكسده البكتريا الهوائية غير الملونة وكذا البكتريا غير الهوائية الممثلة للضوء إلى الكبريتات ثانية ، كما تتم عملية إختزال الكبريتات مباشرة إلى يدكب بواسطة البكتريا غير الهوائية Desulfovibrio .

مقارنه بين دورتى الأزوت والكبريت

يلاحظ عند إستعراض دورتى الآزوت والكبريت تشابه كبير من عدة وجوه . وأوجه الشبه تتلخص فى الآتى :

١ — النباتات مثلا تأخذ الكبريتات من التربة كما تأخذ الأزوتات .

٢ — كبريتور الأيدروجين يد$_٢$ كب فى دورة الكبريت يماثل النشادر ن يد$_٣$ فى دورة الأزوت .

٣ — أكسدة كبريتور الأيدروجين تماثل عملية التأزت فى دورة الآزوت، كما أن إختزال الكبريتات تماثل من عدة نواح إختزال الأزوتات أنظر نسبة ن/ك) .

أما أوجه الخلاف فتتلخص فى الآتى :

١ — يتكون حامض الأزوتوز كخطوة وسطيه فى عملية التأزت أما فى دورة الكبريت فإن كبريتور الأيدروجين يتأكسد إلى كبريت .

٢ — الميكروبات التى تحدث عملية النشدرة مخالفة تماما للأنواع التى تحدث عملية التأزت، فى أن الأخيرة أوتوتروفية بينما الأولى هتروتروفية. والميكروبات التى تنتج يد$_٢$ كب تختلف عن الميكروبات التى تنتج الكبريتات فى أن الأخيرة أوتوتروفية بعضها محلل للمواد الكيماوية والبعض الآخر ممثلة للضوء، حيث تتم العملية فى هذه الحالة تحت الظروف اللاهوائية .

٣ — الكبريت لا يوجد فى الجو كما يوجد الأزوت .

دورة الحديد

IRON CYCLE

يوجد الحديد فى التربة على صورة مركبات مختلفة . وهو مادة أساسية فى تغذية النباتات . ولو أن النباتات تحتاج إلى كميات قليلة منه إلا أنه من الصعب إعطاء النبات حاجته منه. حيث أن أملاح الحديد غير قابلة للذوبان فى الماء تحت الظروف القلوية أو المتعادله . وهذه الظروف هى السائدة تقريبا فى التربة الزراعية . وتلعب الميكروبات دوراً مباشراً أو غير مباشر فى جعل مركبات الحديد فى متناول النباتات .



(شكل ٤٩)

بكتريا الحديد المغلفة Sphaerotilus natans

أما ميكروبات الحديد وأغلبها يقع تحت رتبة Chlamydobacteriales وهى من البكتريا غير الحقيقية، فإنها تسبب ترسيب الحديد إذا ما مثلت مركباته القابلة للذوبان ، فمثلا تمثل هذه الميكروبات ح ك ا$_3$. كربونات الحديدوز (القابلة للذوبان) مكونة ح (ا يد)$_3$ أيدروكسيد الحديديك ، الذى يترسب على الخلايا ليكون غلافا لها أو يترسب على غلاف الخلايا الأصلى

٤ ح ك ا٣ + ا٢ + ٦ يد٢ ا ← ٤ ح (ا يد)٣ + ٤ ك ا٢ + ٤٠ سعر

وتعتبر هذه الميكروبات أوتوتروفية وتسمى True Iron Bacteria وتؤكسد الحديد ح$^{++}$ إلى ح$^{+++}$، وتقوم الميكروبات الهتروتروفية أيضاً بأكسدة أملاح الحديد القابلة للذوبان بتكوين أيدروكسيد الحديديك .

وحيث أن أيدروكسيد الحديديك غير قابل للذوبان ، فإنه يترسب فى المحلول،كذلك تحت الظروف اللاهوائية فإن يد٢ كب المتكون نتيجة لتحليل البروتينات المحتوية على كبريت بواسطة ميكروبات التربة يتفاعل مع أملاح الحديد القابلة للذوبان مكونا ح كب الغير قابل للذوبان ويترسب فى المحاليل، والتفاعلات السابقة جميعا ضارة بالنباتات، حيث أن الحديد يترسب ويصبح غير قابل للذوبان وبالتالى لاتستطيع النباتات امتصاصه .

تتكون فى التربة الزراعية أحماض بواسطة التفاعلات البيولوجية التى تحدث عادة بها نتيجة لفعل الميكروبات مثل يد٢ ك ا٣ ، يد ن ا٣ ، يد٢ كب ا٤ ، وأحماض عضوية أيضا، وتساعد هذه الأحماض على تحويل أملاح الحديد الغير قابلة للذوبان إلى أملاح ذائبة، ولكن هذا على وجه التحديد صحيح تحت الظروف اللاهوائية (أى عدم توفر الأوكسجين) حيث يوجد الحديد فى حالة حديدوز، ولكن الميكروبات تستطيع أن تجعل الوسط فى التربة أحيانا لاهوائيا وذلك باستهلاك البكتريا الهوائية للأكسجين فى بقع مختلفة من التربة نتيجة للتزاحم . كذا يمكنها تكوين الأحماض المعدنية والعضوية، وعليه فإنها تقوم عن طريق غير مباشر بمد النباتات بما تحتاجه من عنصر الحديد .

أثر الميكروبات فى

تحويل الفوسفور فى الطبيعة إلى مايلائم حاجة النبات

Transformation of Phosphorus

يضاف عنصر الفوسفور إلى التربة الزراعية باستمرار عن طريق تسميد

التربة بالأسمدة العضوية وبقايا النباتات مثل الجذور والأوراق المتساقطة . كذلك عن طريق الأسمدة المعدنية مثل السوبرفوسفات .

وعادة يوجد الفوسفور فى التربة على الوجه الآتى :

١ — فوسفور عضوى

يوجد فى بقايا النباتات والحيوانات التى تضاف للتربة باستمرار ، كذلك فى ميكروبات التربة الزراعية التى وجد أن رمادها يحتوى على ٥٠٪ أو أكثر فوسفور (فو٢أ٥). ويكون الفوسفور العضوى جزءاً هاماً من دوبال التربة الزراعية . وتتراوح كمية الفوسفور الموجودة بالمواد العضوية بالتربة بين ٢٠ — ٣٥٪ من الفوسفور الكلى الموجود بالتربة .

٢ — فوسفات غير قابلة للذوبان Insoluble Phosphate

مثل الفوسفات الصخرى وغيرها من مركبات الفوسفور الغير قابلة للذوبان ، وتوجد عادة فى الصخور التى تكونت منها التربة الزراعية . كذلك تضاف على هيئة أسمدة معدنية إلى التربة الزراعية مثل خبث المعادن كذا فى عظام الحيوانات .

٣ — فوسفات معدنية قابلة للذوبان Soluble inorganic Phosphate

وذلك مثل فوسفات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم ، تضاف إلى التربة على هيئة أسمدة أو فى الأسمدة العضوية المكونة من بقايا النباتات والحيوانات .

ومن أهم أمثلة المواد الفوسفورية العضوية التى تجد طريقها إلى التربة الزراعية عن طريق بقايا النباتات والحيوانات : اللسثين Lecithin ، والأحماض النووية ، والفيتين Phytin فاللسيثين يحتوى على ٩٫٣٠٪ فو٢أ٥ ، ١٫٦٪ نتروجين و٦٥٫٣٦٪ كربون ، ويحتوى على حامضين دهنيين مثل حامض البلمتيك والأوليبيك وتركيبه كالآتى :

كد$_٢$ - ا ر
|
كد - ا ر^١
|
كد$_٢$. ا فو ا ⟨ ايد ، ا . (كد$_٢$)$_٢$. ن ⟨ (كد$_٣$)$_٣$ + ٣ يد$_٢$ ا ، ايد

اللسيثين lecithin

↓ تحلل

كد$_٢$. ايد
|
كد ايد
|
كد$_٢$ ا . فو ا ⟨ ايد ، ايد + ر . ايد + ر^١ ايد + (كد$_٢$)$_٢$. ايد . ن ⟨ (كد$_٣$)$_٣$ ، ا يد

حامض جليسروفوسفوريك Glycero-Phosphoric acid — حامضين دهنيين — كولين choline

أما الأحماض النووية فتوجد بكثرة فى أجسام الميكروبات .

فى حالة توفر مصادر الكربون والنتروجين، فإن البكتريا والفطريات تستطيع أن تحلل اللسيثين والأحماض النووية وينتج عن ذلك تحول الفوسفور العضوى إلى فوسفات . فلقد وجد أن ٦٦ ٪ من فوسفور اللسيثين يتحول إلى فوسفات قابلة للذوبان فى ٦٠ يوما . أما بقية الفوسفور العضوى فإن البكتريا والفطريات تستعمله لتكوين خلاياها .

أما Phytin فهو فوسفات سداسية Hexaphosphate ، يوجد بكثرة فى الأنسجة النباتية خصوصاً فى البذور . يحتوى على ٢٦ ٪ فوسفور على هيئة حامض الفيتيك Phytic acid (ك$_٦$ يد$_{٢٤}$ ا$_{٢٧}$ فو$_٦$) . وتقوم أنواع كثيرة من البكتريا والفطريات بتحليله بواسطة أنزيم الفيتاز Phytase فيتحول الفوسفور العضوى إلى فوسفات معدنية .

ك$_٦$ يد$_{٢٤}$ ا$_{٢٧}$ فو$_٦$ + ٦ ا$_٢$ ← ٦ يد$_٣$ فو ا$_٤$ + ٦ ك ا$_٢$ + ٣ يد$_٢$ ا

أما البروتينات النووية Nucleoproteins فإنها تحتوى على ٧ — ٩ ٪ فوسفور وعلى ١٣ — ١٤ ٪ نيتروجين . وعند تحللها بالميكروبات فإنها تعطى حامض الفوسفوريك + سكر + بيورين و براميدين. Pyrimidine + purine. وهذه المركبات تتحلل بدورها بواسطة أنواع أخرى من البكتريا والفطر . فلقد وجدت أنواع خاصه من البكتريا تعرف باسم مجموعة Nucleobacter، متخصصة فى تحليل النيوكلين Nucleins فى الحامض النووى إلى حامض فوسفوريك . كذلك توجد مركبات مختلفة من الفوسفور العضوى مثل مركب Inosite Monophosphate (ك$_٦$ يد$_{١٣}$ ا$_٩$ فو) ، ويوجد عادة فى المادة وتتحلل أيضاً إلى فوسفات .

الفوسفات الغير قابلة للذوبان والتى تضاف إلى التربة الزراعية كأسمدة تتحول عن طريق غير مباشر بفعل الميكروبات إلى الحالة الذائبة التى يستفيد منها النباتات . فمثلا الأحماض العضوية والغير عضوية التى تنتجها البكتريا نتيجة لتحلل البروتينات والكربوايدرات ، وكذا نتيجة لعملية التأزت وأكسدة الكبريت وغيرها ، تتفاعل مع أملاح الفوسفات الغير قابلة للذوبان لتعطى فوسفات قابلة للذوبان وفيما يلى المعادلات التى توضح ذلك:

كا$_٣$ (فو ا$_٤$)$_٢$ + ٢ يد ن ا$_٣$ ← ٢ كا يد فو ا$_٤$ + كا (ن ا$_٣$)$_٢$

كا$_٣$ (فو ا$_٤$)$_٢$ + ٤ يد ن ا$_٣$ ← كا (يد$_٢$ فو ا$_٤$)$_٢$ + ٢ كا (ن ا$_٣$)$_٢$

كا$_٣$ (فو ا$_٤$)$_٢$ + يد$_٢$ كب ا$_٤$ ← ٢ كا يد فو ا$_٤$ + كا كب ا$_٤$

ولقد وجد بعض الباحثين أن تأثير الجذور فى إذابة الفوسفات الغير قابلة للذوبان ضعيف ، بينما تلعب الميكروبات الدور الرئيسى فى إذابتها ، ولا تخفى أهمية ذلك فى إمداد النباتات بما تحتاجه من الفوسفات .

وكما ذكرنا أنه عند تحلل المواد العضوية المحتوية على فوسفور عضوى فإنه لا يتحول جميعه إلى فوسفات ، ولكن بعضا منه يبنى فى أجسام الميكروبات لتكوين الخلايا الميكروبية . فإذا كانت هذه المواد العضوية فقيرة فى

الفوسفور فإن ميكروبات التربة تتنافس مع النباتات فى الحصول على فوسفات التربة الذائبة لاستعمالها فى بناء خلاياها مشابهة فى ذلك للنتروجين، إلا أن إحتياج الميكروبات بالنسبة للفوسفات قليل عن إحتياجها للنتروجين .

وتتوقف قدرة النبات على إمتصاص الفوسفات من التربة على عدة عوامل منها حجم المجموع الجذرى، ومدى تعمق الجذور أو تغلغها فى التربة . تفرز جذور بعض النباتات أحماض عضوية، كذا يوجد حول الجذور تركيز خاص من ثانى أكسيد الكربون نتيجة للتنفس ، وهذه تؤثر عن طريق غير مباشر فى إذابة الفوسفات الغير ذائبة. وتلعب خواص التربة أيضاً دوراً كبيراً فى تحويل الفوسفات إلى الحالة الذائبة ، فالتهوية ودرجة تركيز أيون الايدروجين من أهم العوامل .

جدول (٢٠)

تأثير عمليـة التأزت لكبريتات الامونيوم فى اذابة الفوسفات والكالسيوم من فوسفات الكالسيوم الثلاثية الغير قابلة للذوبان بمزارع سائله .

(عن داكسمان واستاركى)

نتروجين يؤكسد بالمليجرام	فوسفور قابل للذوبان بالمليجرام	كالسيوم قابل للذوبان بالمليجرام
٢٫٥٤	٤٫٠٨	٣٫٨٧
٣٫٨١	٥٫٠٨	٥٫٦٠
٤٫٨٨	١٠٫٢٠	١٨٫٤٠
٥٫٥٢	٩٫٥٦	١٤٫٨٠
٦٫٤٠	١٢٫٨٥	٢٢٫٠٠
٦٫٤٠	١٠٫٢٤	٢٣٫٥٢
٦٫٨٨	١٦٫٠٠	٣١٫٠٤

يلاحظ من الجدول السابق أنه ينشأ عن أكسدة النتروجين الموجود بكبريتات الأمونيوم بفعل بكتريا التأزت أن يصير الفوسفور والكالسيوم الموجودان بفوسفات الكالسيوم الثلاثية (الغير قابلة للذوبان) قابلين للذوبان، ويتناسب ذلك طرديا مع كمية النتروجين المؤكسدة، ويرجع ذلك لتكوين حامض النتريك الذى يرفع الحموضة فيذيب الفوسفور والكالسيوم، وعلى العموم يمكن توضيح التفاعل الذى من شأنه جعل الفوسفور والكالسيوم ذائبين بالمعادلة التالية :

كا$_٣$ (فو أ$_٤$)$_٢$ + (ن يد$_٤$)$_٢$ كب أ$_٤$ + ٤ أ$_٢$ ←
كا (يد$_٢$ فو أ$_٤$)$_٢$ + كا (ن أ$_٣$)$_٢$ + كا كب أ$_٤$ + ٢ يد$_٢$ أ

كما أن البكتريا تستطيع أن تختزل النترات والكبريتات، فبالقياس يمكنها أيضا أن تختزل الفوسفات. فالنترات تختزل بسهولة جداً، أما الكبريتات فإنها تختزل بصعوبة عن النترات، أما الفوسفات فإنها تختزل بصعوبة أكبر من النترات والكبريتات . ويتم ذلك تحت الظروف اللاهوائية فى وجود المواد الغذائية العضوية بكثرة ، فاذا وجدت الفوسفات بكثرة وكذا وجدت البكتريا الخاصة بهذا التفاعل فإن الفوسفات تختزل إلى :

Phosphite (يد$_٣$ فو أ$_٣$)

Hypophosphite (يد$_٣$ فو أ$_٢$)

Phosphine (يد$_٣$ فو)

ويمكن توضيح التفاعل فى المعادلات الآتيـــة علما بأن ك تشير إلى الكربون بالمواد العضوية:

٢ يد$_٣$ فو أ$_٤$ + ك ← ٢ يد$_٣$ فو أ$_٣$ + ك أ$_٢$
يد$_٣$ فو أ$_٤$ + ك ← يد$_٣$ فو أ$_٢$ + ك أ
يد$_٣$ فو أ$_٤$ + ٢ ك ← فو يد$_٣$ + ٢ ك أ$_٢$

وأهمية هذه التفاعلات فى التربة المزروعة غير معروفة ، ولو أنه يعتقد أن الظروف المحيطة بمثل هذه التفاعلات قد لا تتوافر جميعها بالتربة المنزرعة .

طريقة تقدير الفوسفات بالتربة :

يحضر مستخلص التربة باستعمال مذيب مناسب ، مثل حامض الستريك أو الخليك أو فلوريد الأمونيوم ، ثم تقدر كمية الفوسفات فى المستخلص كيماويا . ومن الطرق البيولوجية المستعمله فى تقدير الفوسفات زراعة بذور الشوفان بالتربة المراد تقدير الفوسفات بها ، ثم تقدير الفوسفات فى البادرات الناتجة ، أو باستعمال البكتريا التى تحتاج إلى فوسفات مثل الأزوتوبكتر أو الفطريات مثل الأسبرجلس Aspergillus ويجرى ذلك كالآتى : —

يؤخذ قدر معلوم من التربة المراد تقدير الفوسفات بها ، ثم تضاف إلى بيئة تحتوى على أملاح معدنية خالية من الفوسفات والنتروجين وسكر ، ثم تلقح بميكروب Azotobater chroococcum ، ثم توضع فى الحاضن على درجة ٢٨°م لمدة ١٤ — ٣٠ يوم ، ثم تقدر كمية النتروجين المثبتة ومنه يمكن تقدير الفوسفات ، حيث أن النسبة بين النتروجين المثبت إلى الفسفور المثبت فى الخلايا ٢ : ١ ، ومنه يمكن تقدير الفسفور كميا فى الجرام الواحد من التربة المستعملة .

فى حالة استعمال الفطريات تستخدم الطريقة السابقة الذكر ، ولكن يضاف النتروجين للبيئة ، ثم تقدر كمية النمو من الفطر ، ومنه يمكن تقدير الفوسفور بالتربة .

تحول البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والحديد إلى ما يلائم حاجة النباتات .

تلعب الميكروبات أيضا دوراً مباشراً أو غير مباشر فى تحويل مركبات هذه المعادن إلى الصورة الصالحة لتغذية النباتات . كما أن مركبات هذه المعادن هامة لتغذية ميكروبات التربة ، فتستعملها كمواد غذائية أو

كعوامل مساعدة،وفى الحالة الأخيرةتستعمل منها كميات ضئيلة.وتحويل هذه المعادن إلى الصورة الصالحة لتغذية النبات يتوقف على عدة عوامل مثل نوع الميكروبات وخواص التربة الكيماوية والطبيعية .

البوتاسيوم :

يوجد هذا العنصر بالتربة الزراعية فى المركبات العضوية وفى المعادن على صورة **Zeolitic and Monzeolitic Silicates** ، وتضاف للتربة الزراعية على صورة مركبات غير عضويه قابلة للذوبان كأملاح الكبريتات والكلوريد وفوسفات، أو على صورة مركبات معدنية غير قابلة للذوبان نعرف باسم Marl ، أو فى صورة عضوية كأسمدة بلدية أو بقايا النباتات . وتحتوى بقايا النباتات على ٢ر٠ — ٥ر٠ ٪ على هيئة بو$_{٢}$ا ، أما الأسمدة العضوية الحديثة فإنها تحتوى على٢٨ر٠ — ٥ر٠ ٪ على هيئة بو$_{٢}$ا ، ويحتوى رماد البكتريا على ٤ر — ٦ر٢٥ ٪ ورماد الفطريات على ٧ر٨ — ٥ر٣٩ ٪ بوتاسيوم على هيئة بو$_{٢}$ا .

وتلعب ميكروبات التربة الزراعية دورا هاما فى تحويل البوتاسيوم إلى الصورة التى يستفيد منها النبات ، وذلك عن طريق مباشر أو غير مباشر، بتحليل المواد العضوية كالأسمدة العضوية وبقايا النباتات ، وكذلك بتكوين الأحماض التى تتفاعل مع Zeolites ، فيتكون مركبات البوتاسيوم القابلة للذوبان . فالأرثوكلاز Orthoclase يتفاعل مع هذه الأحماض مكونا أملاح البوتاسيوم القابلة للذوبان .

لو$_{٢}$ا$_{٣}$. بو$_{٢}$ا . ٦س ا$_{٢}$ + ٤ يد$_{٢}$كب ا$_{٤}$ ← لو$_{٢}$(كب ا$_{٤}$)$_{٣}$ + بو$_{٢}$كب ا$_{٤}$ + ٦س ا$_{٢}$ + ٤ يد$_{٢}$ا

لو$_{٢}$ا$_{٣}$. بو$_{٢}$ا . ٦س ا$_{٢}$ + كا (يدك ا$_{٣}$)$_{٢}$ ← لو$_{٢}$ا$_{٣}$. كا ا . ٦س ا$_{٢}$ + ٢ بو يد ك ا$_{٣}$

قد تختزن مركبات البوتاسيوم وذلك بتمثيل الميكروبات لها ، وعندما تموت هذه الميكروبات وتتحلل وترجع للتربة ثانية أملاح بوتاسيوم على الصورة الصالحة لتغذية النبات . ويتوقف تركيز البوتاسيوم بالتربة

الزراعية على عدة عوامل منها الصورة التى عليها البوتاسيوم ، وخواص التربة الطبيعية كالحموضة مثلا ، ووجود مواد عضوية بالتربة ، ونشاط ميكروبات التربة وأنواعها .

وقد تستعمل الأزوتوبكتر وفطر الاسبرجلس نيجر لتقدير تركيز البوتاسيوم بالتربة الزراعية كميا . ولقد وجد أن البوتاسيوم يوجد بالتربة بتركيز من ٢ — ٣٠ ٪ من التركيز الكلى على الصورة الصالحة للنبات .

جدول (٢١)

التقدير الكمى للبوتاسيوم بالاراضى باستعمال فطر الاسبرجلس نيجر Aspergillus niger (عن واكسمان واستاركى)

رقم التربة	كمية البوتاسيوم بالتربة مقدرة بطريقة الاستزراع بالمليجرام	وزن هيفات الفطر بالجرام
١	٧٫٧٧	٠٫٨٢
٢	١١٫٩٨	٠٫٩٤
٣	١٢٫٢٧	١٫١٩
٤	١٠٫١٣	١٫٢١
٥	١٨٫٠٠	١٫٤٢
٦	١٨٫٠٠	١٫٤٦
٧	٢١٫٧٣	١٫٦١
٨	٢٥٫٩٩	١٫١٠
٩	٣١٫٧٣	٢٫٣٤
١٠	٣٥٫٨٩	٢٫٠٢
١١	٤٤٫٨٩	٣٫٣٠
١٢	٧٨٫١٢	٥٫١٠

فى هذه الطريقة تحضر بيئة خاصة بالفطر توضع فى دوارق مخروطية ، وهذه البيئة خالية من البوتاسيوم ولكن غنية بالفوسفات . يلقح بها الفطر

بعد أن يضاف إليها كميات مختلفة من البوتاسيوم ثم يقدر وزن هيفات الفطر بعد فترة التحضين ويعرف ما يقابلها كميا من البوتاسيوم .

بنفس الطريقة يضاف إلى البيئة كمية معلومة من كل تربة يراد تقدير البوتاسيوم بها كميا، ويقدر وزن الفطر بكل منها بعد فترة التحضين،ويقارن بما يقابله فى التجربة الاستكشافية السابقة ، ومنه يقدر كمية البوتاسيوم بعينة التربة .

يلاحظ من الجدول السابق أنه يتناسب وزن هيفات الفطر طرديا مع كمية البوتاسيوم الموجودة بالأراضى .

الكلسيوم والمغنسيوم :

وهما من العناصر الأساسية اللازمة لتغذية ميكروبات التربة الزراعية ، وبالأضافة إلى ذلك فإنهما يعملان كمواد منظمة buffering substances لمعادلة الأحماض العضوية والغير عضوية التى تتكون بالتربة الزراعية .

الحديد :

يتحول فى التربة إلى مركبات مختلفة نتيجة لفعل الميكروبات ، وهو عنصر هام لتغذية الميكروبات. وتستطيع بكتريا خاصة أكسدة مركبات الحديد وزالى الحديديك كما سبق شرح ذلك (أنظر بكتريا الحديد) ، وتحصل الميكروبات من عملية الأكسدة هذه على الطاقة اللازمة لها .

٢ ح كب ا٤ + ٣يد٢ ا + ٢ كاك ا٣ + ا ← ٢ح(ايد)٣ + ٢ كاكب ا٤ + ٢ك ا٢

يتفاعل الحديد مع مركبات الدوبال مكونا ما يعرف باسم هيومات الحديد iron humates ،وفى هذه الحالة يكون صالحا لتغذية النبات فى الأراضى القلوية ، إذ أنه لا يترسب فى هذه الحالة على هيئة أملاح الفوسفات الغير عضوية .

احتياجات ميكروبات التربة من العناصر النادرة :

تعمل المعادن النادرة كالموليبدنوم والنحاس والزنك والكوبلت والبورن وغيرها كعوامل مساعدة لنشاط ميكروبات التربة الزراعية المختلفة . فالموليبدنوم عنصر ضرورى فى تثبيت النتروجين فى التربة بواسطة الأزوتوبكتر، حتى أنه قد تستعمل الأزوتوبكتر للتقدير الكمى لهذا العنصر بالتربة . أما البورون فهو عنصر هام لنمو ميكروبات العقد الجذرية التى تعيش على جذور البقوليات ولو أن الكثير منه يضر بها . أما النحاس فهو عنصر هام لعدد كبير من ميكروبات التربة الزراعية ، ولو أن الزيادة منه كذلك تضر بها . أما الزنك والكوبلت فانهما يدخلان فى تركيب بعض الانزيمات والفيتامينات. والزنك يساعد على نمو الفطريات ولكنه يحبط تكوين الجراثيم .

الباب العاشر

الأسمدة العضوية وأهميتها

مقدمـــة :

الأسمدة العضوية هى ماترجع فى أصلها المباشر إلى فضلات الحيوان أو النبات، كالسباخ البلدى وسماد المجارى والسبلة وزبل الحمام وسماد الدم المجفف وسماد قمامة المدن . . . ألخ .

ويذكر أبو الفضل (١٩٥٦) أن هذه المخصبات لا غنى عنها مطلقاً ، فهى تحتوى على المواد العضوية التى تتحلل فى الأراضى الزراعية وتندمج بها مكونة مايعرف بالدبال، الذى يحسن الخواص الطبيعية والكيمائية والحيوية للأراضى، ويزيد من إنتاجها، وتتميز الرقعة الزراعية الحالية – مع ماضيها البعيد – بفقر واضح من محتوياتها العضوية، حيث لاتزيد نسبتها عن ٢٪ إلا فيما ندر ، ويرجع ذلك إلى قلة المخصبات العضوية عندنا ، وقد ترتب على ذلك تخلفنا عن أقطار كثيرة فى مستوى إنتاج بعض المحاصيل ، وذلك رغم التجائنا إلى التسميد الكثيف بالأسمدة المعدنية الأصل ، وخاصة الأسمدة الأزوتية كنترات الصودا والجير وسلفات النشادر . وتقدر حاجة هذه الرقعة من المخصبات العضوية بما لايقل عن ١٢٠ مليوناً من الأمتار المكعبة سنوياً ، فإذا أضفت إليها حاجة الرقعة الزراعية الداخلة فى مشروعات التوسع الزراعى العاجل والآجل ، لبلغت حاجاتنا نحو ٢٢٠ مليوناً ، لايوجد منها الآن إلا نحو ٧٥ مليوناً . أما السبيل إلى سد احتياجاتنا من هذه المخصبات فهو تحسين السباخ البلدى عن

طريق العناية بتحضيره وخزنه ، وإنتاج شبيه له بتخمير فائض البقايا النباتية كالتبون والأحطاب والقش ، وتحويل قمامة المدن جميعها إلى سماد ، والانتفاع بمخلفات المجازر من الدم واللحم غير الصالح للإستهلاك الغذائى ، وكذلك متخلفات المدابغ والأسواق بتحويلها إلى أسمـــدة عضوية مركزة ، وتعميم مشروعات المجارى بالمدن للإستفادة من براز الإنسان الغنى بالمواد العضوية والأزوت . وإذا لم يكف كل هذا لمواجهة العجز فى ميزاننا التسميدى العضوى فيمكن استخدام السماد الأخضر وهو المحصول البقولى الذى يزرع فى الأرض ثم يحرث فيها قبيل الإزهار ، وكذلك استخدام فائض بذرة القطن المقشورة وغير المقشورة ، وزرق الطيور والدواجن وغير ذلك ، فضلا عن استخدام الطين والماروج والكفرى ، وخاصة فى الأراضى الرملية ، لتوفير ما نحتاج إليه من أسمدة عضوية .

وتحويل مخلفات المدن على اختلاف أنواعها إلى أسمدة عضوية يعتبر وسيلة من وسائل القضاء على خطرها الصحى ، كما يعتبر خطوة فى طريق تصنيع البلاد ، والحد من البطالة ، فضلا عن أنه يشجع التعمير .

ولقد أوضح أحمد رياض (١٩٥٨) ما للأسمدة العضوية من مكانة فى إقليمنا لا يسبقها فيها إلا ماء الرى ، وذكر أن العجز الحالى منها لا يقل عن ٧٠ مليوناً من الأمتار المكعبة ، وتستغل أغلب مصادر الأسمدة العضوية عندنا استغلالا معيبا من الوجهتين الكمية والنوعية ، أو إحداهما ، مثل السباخ البلدى ، والمواد البرازية ، ومتخلفات المجازر العامة ، والمتخلفات الزراعية ، وكناسة المدن والأسمدة الخضراء وأعشاب الشجر ونفايا المصانع المتعددة .

مما تقدم يتضح أن للأسمدة العضوية من عظيم الأهمية ، لذا تجب العناية بإنتاجها وتصنيعها إذ هى تحتوى على المواد العضوية إلى جانب مقادير متفاوتة من العناصر الأساسية لتغذية النباتات مثل الأزوت والفسفور والبوتاسيوم ، علاوة على بعض العناصر الأخرى .

وللمواد العضوية — متى تحللت ثم اندمجت فى التربة على صورة « دوبال » مزايا عديدة هى :

(ا) تبنى قوام الأرض الرمليـــة وتسبب تماسك الأرض الخفيفة وتفـكيك الثقيلة .

(ب) تحتفظ بدفء التربة للإنبات والنمو.

(حـ) تجعل التربة قادرة على الاحتفاظ بمائها فيمكن إطالة فترات مابين الرى .

(د) تعد مخزنا للأغذية النباتية المدخرة التى تخرج منها شيئاً فشيئاً على أصلح صورة تلائم المزروعات بانحلالها التدريجى البطىء .

(هـ) تعتبر مهـداً الميـكروبات النـافعة التى تلعب دوراً هاما فى خصوبة التربة .

أما الأسمدة الـكيميائية فهى التى تحتوى على عنصر واحد أو أكثر من عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم فقط ، وهى تعتبر مكملة للأسمدة العضوية ولا يمـكن أن تحل محلها .

وسنتكلم فيما يلى عن السباخ البلدى والسماد البلدى الصناعى لاتصالها المباشر بالأعمال الزراعية .

أولا — السباخ البلدى **Farm Yard Manure**

للسباخ البلدى كما هو مذكور بالعجالة ١١١ لوزارة الزراعة (١٩٥٦) مكانة كبيرة فى الزراعة المصرية ، ورغم أنه أهم الأسمدة المستعملة إلا أنه فقير فى تركيبه وخصوصاً فى المادة العضوية والآزوت ، حيث يحتوى النوع الجيد منه على نحو ١٠٪ مادة عضوية و٠٫٣٥٪ أزوت كلى . أماما يحتويه السباخ البلدى

العادى فدون ذلك فى الغالب . ويرجع هذا الفقر إلى الأخطاء العديدة الشائعة أثناء تحضيره وخزنه كذا استعماله ، ومن واجبنا القضاء عليها لنعمل على رفع خصوبة أراضينا وزيادة مستوى إنتاجها من الحاصلات المختلفة .

تركيب السباخ البلدى :

يتركب السباخ البلدى من ثلاثة أجزاء رئيسية وهى الروث والبول والفرشة :

١ — الروث : وهو الجزء غير المهضوم من غذاء الحيوان ، ويختلف تركيبه باختلاف نوع الحيوان وعمره والعمل الذى يؤديه وكذلك نوع العلف الذى يتناوله ومقداره ، وكثيراً مايضطر الفلاح إلى إستعمال الروث المجفف وقوداً (جلة)، وهذا من العوامل المسببة لفقر السباخ البلدى فى نوعه ، ولو أن آزوت الروث فى أغلبه غير صالح لتغذية النباتات مباشرة ، إلا أن كمية المادة العضوية ومايرتبط بها من مزايا لا يمكن الاستهانة بها ، وقد يكون من الممكن الاستعاضة عن الجلة فى الحريق بحطب القطن والذرة وأفرع الأشجار وغيرها .

٢ — البول : يختلف تركيبه أيضا باختلاف الحيوان وعمره والمجهود الذى يؤديه ، وأهم العناصر الموجودة فى البول هى الآزوت والبوتاسا وكلاهما صالح لتغذية النباتات مباشرة .

٣ — الفرشة : توضع الفرشة تحت البهائم لا راحتها وامتصاص بولها وروثها وإضافة القليل من العناصر الغذائية الموجودة بها إلى السباخ الناتج . والفرشة المعتاد استعمالها هى التراب، وقليلا مايستعمل تبن الفول أو البرسيم أو قش الأرز ونحوها مع التراب ، وأن عدم إهتمام الزراع بإضافة الفضلات النباتية إلى الفرشة يسبب انحطاط نوع السباخ البلدى خصوصا فى مادته العضوية .

وتحدث فى مكونات السباخ عدة تفاعلات كيمائية بمعاونة الكائنات الحية

الدقيقة المختلفة ، وتبدأ هذه التفاعلات فى الزرائب وتستمر إلى حد أكبر أثناء التخزين وتنتهى فى الأرض الزراعية .

تحضير السباخ البلدى :

فيما يلى مايجب أن تكون عليه عملية التحضير :

١ — يراعى أن تكون أرضية الزرائب من مادة لاتنفذ منها السوائل ، كأن تكون من الأسمنت أو على الأقل مدكوكة دكا جيداً لا يسمح لها بتسرب سوائل السماد الثمينة ، وبذلك تبقى لتمتصها الطبقة التالية من الفرشة .

٢ — يراعى أن يكون التراب (الشرب) المستعمل كفرشة جافا ناعما خاليا من الأملاح ، وبكمية كافية لامتصاص جميع البول وسوائل الروث . ومن المفيد جداً أن يخلط هذا الشرب بمقدار النصف من قش الأرز أو تبن الفول والبرسيم أو تبن القمح والشعير الغير صالح للإستهلاك الغذائى وكذا الأحطاب وأوراق وسوق الموز مقطعة قطعاصغيرة ، بحيث لاتزعج الحيوانات وتسمح بسرعة التحلل وانتظامه ، ولا ينصح باستخدام قش الأرز وغيره من الفضلات النباتية بمفردها كفرشة ، إلا فى حالات الضرورة القصوى لأن قدرتها على امتصاص البول أقل من التراب .

٣ — ينبغى أن يترك السباخ فى الزرائب تحت أرجل المواشى لأطول وقت مستطاع ، حتى لايتعرض الآزوت إلى الفقد بالتطاير فى صورة نوشادر ، وهو مايحدث حتما فى حالة إخراج السباخ من مكانه كل بضعة أيام .

خزن السباخ البلدى :

الغرض عادة من خزن السباخ البلدى هو الاحتفاظ به لحين الحاجة إلى إستعماله مع المحافظة على عناصره السمادية إلى أقصى حد مستطاع ، وأعدى عدو للسباخ البلدى هو تعريضه للمؤثرات الجوية (الشمس والرياح) ، التى

تؤدى إلى سرعة تأكسد مادته العضوية وضياع الآزوت منه على صور مختلفة أهمها النشادر — وفيما يلى ما يجب أن يتبع فى خزن السباخ :

١ — يختار الموقع المناسب للتخزين بحيث يكون قريبا من الزرائب، مع تجنب الأرض الواطئة وتدك أرضيته جيداً .

٢ — يقطع السباخ من الزرائب وينقل إلى الموقع مع تجنب نشره على حالة طبقات رقيقة بل تكوم القطعة الواحدة بارتفاع لا يقل عن ٢ متر، وهكذا حتى يتم إنشاء كومة مناسبة تتلوها كومات أخرى بنفس الكيفية .

٣ — يراعى حماية الكومات من الحرارة والأمطار والرياح بأكياس من الخيش السميك أو القش أو بتعريشه مع ترطيبه بالماء من آن لآخر وخاصة فى أشهر الحرارة الشديدة .

ملحوظة :

يمكن ترك السباخ تحت أرجل المواشى بالزرائب لمدة طويلة قد تصل إلى ستة شهور ، وذلك إذا تيسر رفع العلف على المداود رفعا وقتياً كلما لزم الأمر بواسطة ألواح من الخشب أو نحوها ، وتعرف هذه الطريقة (بطريقة الاسطبل الخازن)، وهذه لا تصلح بالطبع لمواشى اللبن والخيول لاعتبارات صحية ، كما يمكن خزن السباخ فى غرف أو حفر تحت الأرض بمواصفات وخطوات معينة ، وخاصة إذا كان نظام الزرائب يسمح بتجميع كل من البول والروث على حدة .

إستعمال السباخ البلدى :

الطريقة المثلى لاستعمال السباخ البلدى، هى أن ينثر على الأرض ثم يحرث فيها مباشرة ، إما تكويمه فى كومات مبعثرة بالحقل أو نثره على الأرض وتركه مدة طويلة قبل الحرث معرضا للشمس والهواء فخطأ كبير ينبغى تجنبه .

جدول (٢٢)

معدل الاستفادة من سباخ حرث مباشرة بالارض وسباخ كوم فى كومات وترك لمدد مختلفة

رقم القطعة	المعاملة السمادية	زيادة المحصول ٪
١	سباخ نثر على الأرض وحرث بها مباشرة	١٠٠
٢	سباخ نثر على الأرض وترك مدة يومين ثم حرث بها	٧١
٣	سباخ كوم بالأرض لمدة ٢ يوم قبل أن ينثر ويحرث	٨٠
٤	سباخ نثر على الأرض لمدة ١٤ يوم قبل أن يحرث بها	٤٩
٥	سباخ كوم بالأرض لمدة ١٤ يوم قبل أن ينثر ويحرث بها	٥٣

محتويات السماد البلدى من الميكروبات :

تشمل إفرازات الحيوانات مواد سائلة ومواد صلبة ، وفى كليهما ميكروبات يمكنها تحليل هــــذه المواد ، ولقد وجد أن محتويات المواد الصلبة من الميكروبات يصل إلى خمس وزنها تقريباً ، وبالعدد يصل ذلك ٢٠٠٠٠ر. إلى ٤٠٠٠٠ر. مليون/جرام ، أما المواد السائلة فمحتوياتها من الميكروبات قليل نسبيا (١ — ٣ مليون/ جرام).

وتختلف محتويات السماد البلدى من الميكروبات تبعاً لعوامل كثيرة منها التركيب والعمر وغيرها . فكما سبق القول أن المادة الطازجة للسماد تحتوى على الميكروبات ، وهذا العدد يزداد مباشرة عند إضافة المواد الصلبة (الروث) للبول والفرشة ، وهذه الزيادة تستمر عدة أسابيع أو شهور ، يلى ذلك نقص فى العدد . وإليك نتائج بعض التجارب التى أجريت وتثبت هذه الزيادة :

١ — أجرى عد الميكروبات بالمليون فى جرام واحد فى مواد طازجة فكان:

روث ٣٩٠ — ٤٨٠ ، بول ١ — ٢ ، قش ٣ — ١٩

٢ — خلطت المواد السابقة كما يحدث عند عمل السماد البلدى ، وهذه النسبة تعادل ٧ روث : $1\frac{1}{4}$ بول : ١ قش ، وحفظت لمدة ٦ أسابيع على درجة ٢٠°م ، وأجرى عد الميكروبات بالمليون فى الجرام فكان :

روث + قش	٤٨٠٠ — ٥٧٠٠
روث + بول + قش	١١٫٠٠٠ — ١١٫٦٠٠
بول فقط	٣

يرى من ذلك أن خلط المواد إلى بعضها يؤدى إلى زيادة عدد الميكروبات عما لو ترك الروث فقط أو البول فقط .

ولقد عملت عملية حسابية ، فوجد أن ١٠٠ رطل سماد بلدى تحتوى تقريبا ١ — $1\frac{1}{2}$ رطل ميكروبات حية ، وعلى هذا الأساس عند اضافة ١٥ طن سماد بلدى إلى الفدان، فإن هذا معناه أنك أضفت إليه مالا يقل عن ٣٠٠ — ٤٥٠ رطل ميكروبات حية ، هذا بالإضافة إلى ٦٠٠٠ رطل مادة عضوية . يستنتج من هذا أن الظروف الحيوية للتربة قد تأثرت بإضافة السماد البلدى .

ووجود المادة العضوية فى السماد يشجع نمو الميكروبات فيه ، وتتأثر مجموعات الميكروبات المختلفة كما يلى :

١ — تتعاون البكتريا غير الهوائية مثل Bacillus putrificus مع البكتريا الهوائية مثل Ps. fluorescens, Proteus وغيرها فى تحليل البروتين والمواد الأزوتية الاخرى .

٢ — B. pasteurii وغيرها تحول اليوريا إلى أمونيا .

٣ — تتحلل المواد الكربوايدراتية ببكتريا حامض البيوتريك والبكتريا المتجرثمة الهوائية ومجموعة القولون وغيرها .

٤ — تتحلل المواد البكتينية والسليولوزية بواسطة البكتريا الهوائية وغير الهوائية .

٥ — توجد فى السماد البكتريا الهوائية وغير الهوائية المثبتة للأزوت

٦ — يوجد بالسماد اا Actinomyces والخميرة والفطر .

٧ — من المحتمل وجود الميكروبات المرضية فى كومة السماد مثل ميكروب السل وميكروب التهاب الضرع وميكروب الحمى القلاعية . وهذه قد تستمر حية ولذا يمكن أن يكون هذا مصدر للعدوى .

جدول (٢٣)

التركيب الكيماوى لبعض الاسمدة العضوية المختلفة
(عن Jenkins)

السباخ	الرطوبة	النتروجين	تركيب المادة الجافة	
			فو٢أ٥	بو٢أ
	٪	٪	٪	٪
المواشى	٨٠	١ر٦٧	١ر١	٠ر٥٦
الخيول	٧٥	٢ر٢٩	١ر٢٥	١ر٣٨
الأغنام	٦٧	٣ر٧٥	١ر٨٧	١ر٢٥
الخنازير	٨٢	٣ر٧٥	٣ر١٣	٢ر٥٠
الدواجن	٥٦	٦ر٢٧	٥ر٩٢	٣ر٢٧
الحمام	٥٢	٥ر٦٨	٥ر٧٤	٣ر٢٣

جدول (٢٤)
التركيب الكيماوى لبعض الاسمدة العضوية الحديثة (Fresh)
(عن واكسمان)

المحتويات الكيماوية	سباخ الاغنام يشمل الجزء الجاف والرطب ٪	سباخ الخيول يشمل الجزء الجاف ٪	سباخ المواشى يشمل الجزء الجاف والرطب ٪
المواد القابلة للذوبان فى الأثير	٢ر٨	١ر٩	٢ر٨
المواد القابلة للذوبان فى الماء البارد	١٩ر٢	٣ر٢	٥ر٠
المواد العضوية القابلة للذوبان فى الماء الساخن	٥ر٧	٢ر٤	٥ر٣
الهميسليولوز	١٨ر٥	٢٣ر٥	١٨ر٦
السليولوز	١٨ر٧	٢٧ر٥	٢٥ر٢
اللجنين	٢٠ر٧	١٤ر٢	٢٠ر٢
البروتين الكلى	٢٥ر٥	٦ر١	١٤ر٩
الرماد	١٧ر٢	٩ر١	١٣ر٠

نضج السماد :

هناك اعتقاد بأن إضافة السماد مباشرة للأرض بدون نضج أفضل من إضافته وهو ناضج، وذلك للفقد فى العناصر الغذائية الذى يحدث أثناء التخزين، وهؤلاء يرون أن هذه العملية مفيدة إذا كانت الاضافة قبل زراعة المحصول بحوالى ٦ — ٨ أسابيع، وإلا كانت الاضافة ضارة لأن البكتريا فى هذه الحالة تستهلك النترات والأمونيا الموجودة فى التربة ، فيحدث حينئذ نقص فى الأزوت اللازم للنبات ، وعلى العموم فإن مدة عدة أسابيع لازمة لنضج السماد قبل أن يستفيد منه النبات .

وإذا لم تراع الشروط فى تخزين السماد فإن الفقد فى المواد الصلبة قد يصل إلى ٥٠ — ٧٠ ٪ من الوزن الجاف ، إنما تحت شروط التخزين العادية فان الفقد قد يصل من ٢٠ — ٣٠ ٪ من المواد الجافة ؛ ونسبة الكربوايدرات الذائبة قليلة فى السماد إنما هى أسرع المواد تحللا . يلى ذلك فى التحلل المواد البكتينية، أما السليولوز فهو مقاوم للتحليل . ويزداد الفقد من أربعة إلى ثمانية أمثال الفقد فى المواد الصلبة عند الدرجة ٣٥° عما لو تم عند ١٥°م . وبما أن الحرارة تنتج فى كومة السماد فعلى هذا الأساس يجب أن تجعل الكومة رطبة باردة . ونتيجة للتحليل تتكون أحماض عضوية مثل حامض البيوتريك ويظهر هذا الحامض وغيره من الأحماض بوضوح إذا كانت عملية النشدرة سائرة ببطء . وتزداد فى المرحلة الأولى للتحلل البكتريا المحللة للسليلوز .

وينتج عن تحلل المواد الكربوايدراتية غازات غالباً من ك ا٢، ك يد٤ وقليل من الإيدروجين . وكمية هذه الغازات كبيرة، ولقد عملت تجربة فكان ما أنتجه المتر المكعب من الغازات هو ١٠ — ١٠٠ متر مكعب من الغاز ، وعلى هذا الأساس فان المسافات الموجودة بين جزئيات الكومة تملأ بهذه الغازات ، وهذا يشجع عمل البكتريا غير الهوائية ، وتبعاً لذلك يقل تطاير

الأمونيا لأن كربونات الأمونيوم أثبت في جو من ك ا$_{٢}$ عنها في الهواء والمعادلات الآتية توضح ذلك :

ك ا (ن يد$_{٢}$)$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا ← (ن يد$_{٤}$)$_{٢}$ ك ا$_{٣}$
يوريا + ماء ← كربونات النشادر

(ن يد$_{٤}$)$_{٢}$ ك ا$_{٣}$ ⇄ ٢ ن يد$_{٣}$ + ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا
كربونات النشادر ⇄ نشادر + ثانى أكسيد الكربون + ماء

كما يتحلل أيضا حامض الهيبوريك إلى حامض البنزويك وجليكوكول

ك$_{٦}$ يد$_{٥}$. ك ا . ن يد . ك يد$_{٢}$. ك ا ا يد + يد$_{٢}$ ا ← ك$_{٦}$ يد$_{٥}$. ك ا ا يد +
ك يد$_{٢}$. ن يد$_{٢}$. ك ا ا يد

ثم يتحلل الجليكوكول إلى نشادر وحامض اكسى خليك

ك يد$_{٢}$. ن يد$_{٢}$. ك ا ا يد + يد$_{٢}$ ا ← ن يد$_{٣}$ + ك يد$_{٢}$. ا يد . ك ا ا يد

أى أن حامض الهيبوريك يتفاعل مع الماء فينتج فى النهاية نشادر وحامض أكسى خليك وحامض البنزويك . غير أن حامض الأكسى خليك قد يختزل إلى حامض خليك كما يلى :

ك يد$_{٢}$ ا يد . ك ا ا يد + يد$_{٢}$ ← ك يد$_{٣}$ ك ا ا يد + يد$_{٢}$ ا

ويتضح من معادلة تحويل كربونات النشادر إلى نشادر وثانى أكسيد الكربون أن التفاعل عكسى ، فبناء على قانون فعل الكتلة يجب أن يقل النشادر إذا زاد ثانى أكسيد الكربون ، فإذا تمكنا من زيادته فى السماد ، أى إيجاد السماد فى جو من ثانى أكسيد الكربون يقل فقد الأزوت بالتطاير فى صورة نشادر ، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق منع التهويه وبذا تزداد كربونات النشادر ويقل درجة تركيز النشادر على الحالة الغازية فيقل الفقد فيها . وتجدد الإشارة إلى أن ذلك هو ما اقترحه Deherain وقد أيدته التجارب التى أجريت حتى الآن .

ولقد قام بعض الباحثون بمحاولات عديدة فى الماضى لتثبيت النشادر ، وذلك بإضافة مواد كيماوية إلى السباخ سواء فى الزرائب أو فى أكوام

التخزين فاستعمل الجبس والكاينيت والسوبرفوسفات وحامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك وشرش اللبن . . . ألخ ، ولكنها جميعا محاولات غير اقتصادية وضارة بأقدام المواشي ولو أنها تأتي ببعض الفوائد، ولذا فإنها لا تستعمل .

ويلاحظ أن لون السماد القديم يتحول إلى مادة بنية سوداء أى عبارة عن مواد دوبالية .

ونتيجة لتحلل المواد العضوية تنتج حرارة فى الكومة . وإذ كانت الكومة جافة وغير مدكوكة مثل الحاصل فى سماد إفرازات الحصان (سبلة) ، فإن البكتريا الهوائية تعمل وتنتج الحرارة ، ولكن فى الظروف غير الهوائية عادة تنتج كمية حرارة أقل من السابقة. وعادة الكومة المفككة تصل درجة الحرارة إلى ٦٥ — ٧٠م بينما الكومة المدكوكة التى تحتوى على ٨٠٪ ماء لا ترتفع إلى أعلا من ٤٠°م . وعموما إنتاج حرارة كبيرة يدل على فقد كبير فى المواد الهامة فى الكومة ، وقد يؤدى ذلك إلى تكوين مواد مشابهة للفحم ذات فائدة قليلة .

وبخصوص مركبات الأزوت فى السماد ، ففى المواد التى يتكون فيها السماد (الروث والفرشة) نرى أن الأزوت موجود فى صورة معقدة (غالبا بروتين) ، وهذه مقاومة لفعل البكتريا نوعا ما . أما البول فيحتوى على الأزوت فى صورة يوريا أو حامض هيبوريك وحامض يوريك وهذه سهلة التحليل إلى الأمونيا ، ولكن هذه فى وجود مواد عضوية كثيرة يحدث العكس، فالمشاهد أن هذه المركبات تمثل بالميكروبات وتتحول إلى مواد بروتينية فى خلايا الميكروبات .

الخلاصة :

السماد العضوى (البلدى) معروف منذ قديم الزمن ، فقد استعمله قدماء المصريين فى تسميد التربة الزراعية ، ويستعمل حاليا فى مصر بطريقة بدائية. والسماد العضوى « البلدى » عموما عبارة عن مخلفات الحقل من بقايا النباتات

والاصطبلات والزرائب والشرب . ويحتوى على سليولوز ، ولجنين ، وبروتينات ، ويوريا ، وميكروبات ميتة وحية . وبقايا النباتات هى التى تزيد من كمية هذا السماد فإذا أضيفت هذه المواد للتربة الزراعية فإن الميكروبات مثل البكتريا والفطر والاكتينوميسيس والبروتوزوا تقوم بتحليل محتوياته ، وينتج عن ذلك نترات ، وفوسفات ، وكبريتات الأملاح المختلفة بصورة معدنية يستفيد منها النبات .

تبدأ عملية التحال سريعة ثم تبطىء تدريجيا ، وهذا بطبيعة الحال يتوقف على عوامل عديدة منها الحرارة ، والرطوبة ، والتأثير (الحموضة) ، ونسبة $\frac{ك}{ن}$.

فإذا كانت الأسمدة تحتوى على كمية قليلة من عنصر النتروجين فإن عملية التحال تكون بطيئة ، ولا تتكون النيترات سريعا ، وبالتالى لا يستفيد منها النباتات مباشرة ، أما إذا كانت نسبة النتروجين إلى الكربون حوالى ١٫٧ ٪ فإنها تكون كافية لتكوين بروتين البكتريا والميكروبات الأخرى . فإذا ماقلت عن ذلك فإن الميكروبات تستعمل أزوتات وأملاح أمونيوم التربة ويشعر النبات بجوع فسيولوجى لأملاح الأزوت ، الأمر الذى يحتم إضافة الأزوتات إلى التربة الزراعية ، وذلك للإسراع فى تحلل السماد فى التربة ولسد حاجة النبات .

أما إذا كانت النسبة أعلى من ١٫٧ ٪ فإن الازوتات تتكون بالتربة بعد أن تأخذ الميكروبات مايكفيها (أنظر نسبة $\frac{ك}{ن}$)

تقوم الميكروبات بتحلل اليوريا إلى أمونيا مثل ميكروبات

B. pasteurii, Sarcina Urea, Fugni

ولا يخفى أن اليوريا توجد بكميات كبيرة فى السماد البلدى نظرا لتوفر بول الحيوانات به . ونتيجة لعملية النشدرة تتكون نسبة كبيرة من الأمونيا فينخفض الرقم الايدروجينى إلى الجهة القلوية ، مما يؤدى إلى نمو البكتريا وتكاثرها .

ونسبة $\frac{ك}{ن}$ فى المادة العضوية تساوى $\frac{١٠٠ — ٢٠٠}{١}$ وبعد تحللها تصل النسبة إلى حوالى $\frac{٢٠}{١}$ نتيجة لفعل الميكروبات وتحلل المواد الكربوايدراتية .

يفقد كثير من الأمونيا نتيجة لأمتصاص السليولوز لها، وكذلك لارتفاع درجة حرارة الجورة، فعندما تصل الأمونيا إلى الجورة فانها تتأكسد إلى أزوتات بفعل البكتريا، فاذا أضيف ماء إلى الجورة أو سقطت أمطار فان النترات تتسرب إلى أسفل الجورة، حيث يوجد الوسط اللاهوائى نتيجة نمو الميكروبات وتكاثرها ، فتتحول الأزوتات إلى أزوت مطلق (انطلاق الأزوت)، وهذا يتسرب إلى الجو . إلى جوار ذلك تفقد كثير من الأزوتات على صورة نتروجين مطلق نتيجة لعملية غير بيولوجية . ويمكن القول عموما أن ١٥ — ٢٠ ٪ تفقد نتيجة لعملية انطـــلاق الأزوت (بيولوجيا) و ١٥ — ٢٠ ٪ بطرق غير بيولوجية . هذا ويفقد الفوسفور والبوتاسيوم بتسربهما فى التربة نتيجة لعدم العناية بإنشاء الجورة .

نلجأ عادة إلى عدة طرق للتحفظ على العناصر الهامة فى السماد من الضياع، أهمها (السماد الحامى) و (السماد البارد) : والسماد الحامى Hot Manure يجرى عمله بترك الجورة يتخللها الهواء لعدة أيام أولا، وذلك لكى ترتفع درجة الحرارة ، ثم تضغط بعد ذلك جيداً لكى يتولد وسط لا هوائى . تتحلل (بالتخمر) المواد العضوية تحت الظروف اللاهوائية، ويعمل هذا على تقليل فقد عنصر النتروجين ، هذا إلى جوار قتل الميكروبات المرضية التى تحملها النباتات المصابة، وبذلك لا تنقل من التربة إلى النباتات .

وفى هذه الطريقة يشجع النمو الهوائى الميكروبات أولا، والذى يعمل على زيادة نموها ، وتبعاً لذلك تمثيل الأزوت فى خلاياها ، وبذا يقل الفقد فيه . وكذا رفع درجة الحرارة التى قد تصل إلى ٦٥°م من شأنه إبادة الميكروبات المرضيه كما تقف عملية التأزت ، وهذا ماتبغيه حتى لا تفقد الأزوتات بعد ذلك بعمليتى اختزال وانطلاق الأزوت .

السماد العضوى الصناعى

Compost

السماد العضوى الصناعى هـــو الذى يمكن الحصول عليه من تخمير الفضلات النباتية ، كقش الأرز والتبن والعروش والأحطاب وغيرها . ولما كانت حاجة الأراضى المصرية ماسة لزيادة المادة العضوية فيها ، لذا يجب أن نشير هنا إلى أهمية زيادة تصنيع هذه الفضلات لإنتاج الأسمدة العضوية بدلا من بيعها أو إستعمالها فى الحريق .

يجدر أن نشير هنا إلى الذين طرقوا هذا الموضوع من الباحثين وهم
Hutchinson & Richard (١٩٢١)، Waksman, Tenney & Diehm (١٩٢٩)
وعنهم عرفت القواعد الرئيسية لتحويل تلك المتخلفات إلى أسمدة عضوية صناعية . وتوجد الآن عدة طرق لتحويل المتخلفات النباتية والحيوانية إلى أسمدة عضوية نذكر منها طريقة كل من :

Adco, Howard, Carbery — Finlow, Fowler,
Y. Ayyar and Howard — Wad "15" ... etc.

وفيما يلى القواعد التى يجب أن تراعى للحصول على سماد عضوى صناعى جيد :

١ — رطوبة كافية باستمرار وموزعة بانتظام .

٢ — إضافة كمية كافيه من المركبات الآزوتية وأن توزع بانتظام .

٣ — كبس القش بانتظام حتى يكون التخمر منتظما

٤ — تقطيع القش إلى قطع صغيرة (١٥ — ٢٠ سم)

٥ — مراقبة درجة الحرارة من آن لآخر حتى يمكن العمل على بقائها فى الحدود المناسبة .

والأسمدة العضوية الصناعية تشبه فى مظهرها السباخ البلدى المتآكل جيداً، وليست له رائحته الكريهة المميزة للسماد البلدى لغياب الروث عنه، ويفضله مرتين على الأقل فى القيمة السمادية، من حيث مقدار المادة العضوية والآزوت، فيستطيع الزارع أن يستعمل متراً مكعبا مثلا من هذا السماد بدلا من مترين مكعبين من السباخ البلدى الجيد .

وأساس التخمير هو جعل «فضلة أو مخلفة الحقل» مرتفعة الرطوبة . مع وجود الهواء فى أغلب الوقت، مع توفير الآزوت والفوسفور اللازمين لتغذية وتنشيط الكائنات الحية الدقيقة، التى تقوم بعملية التخمير . على أن يكون الوسط متعادلا أو مائلا للقلوية .

وتشير العجالة ١١١ وزارة الزراعة (١٩٥٦) إلى أن إنتاج السماد البلدى الصناعى من أهم الوسائل المؤدية إلى سد العجز الشائع فى السباخ البلدى، وغيره من الأسمدة العضوية، التى تعتبر من الأركان الأساسية فى حفظ خصوبة الأراضى أو استصلاحها، والأساس الاقتصادى لنجاح إنتاج هذا السماد هو أن تكون الفضلات النباتية عديمة القيمة، أو لا يسهل بيعها بثمن مجز مثل قش الأرز ومتخلفات الأجران والأتبان التالفة وأغلفة الذرة الشامية وسوقها، وكذا أحطاب القطن إن أمكن تكسيرها، وأوراق زعازيع القصب وعروش المقات والخضروات وأوراق وسوق الموز . . . . اخ . وأيضاً قلة نفقات اليد العاملة عامل هام فى نجاح العملية .

وعند عمل السماد تتساوى المساحات اللازمة لإقامة كومات الفضلات عليها، وكذا كميات الماء اللازمة لترطيبها فى أثناء العمل وبعده مهما اختلفت المادة الأصلية المراد تحويلها إلى سماد . ولا يتغير بتغير « مخلفة الحقل » إلا كميات «المخلوط الكيماوى» وهو الاصطلاح الذى سيطلق فى هذه الطريقة على مخلوط سلفات النشادر مع السوبر فوسفات وكربونات الجير الناعم والتراب . وفيما يلى جدولان : الأول يبين مقادير المواد الأصلية وما تحتاج إليه من المساحات والماء فى أثناء العمل وبعده . والثانى يبين مقادير المواد الداخلة فى « المخلوط الكيماوى » اللازم لكل نوع من الفضلات، ثم يلى ذلك طريقة العمل وهى واحدة فى جميع الحالات :

جدول (٢٥)

كميات « مخلفة الحقل » والماء والمساحة اللازمة

(عن العجالة ١١١ وزارة الزراعة)

مخلفة الحقل	المساحة اللازمة	الماء اللازم بالصفيحة فى أثناء العمل
طن		
١	٦ متر مربع (٢ × ٣ متر)	٦٠ صفحة كاملة فى أثناء العمل ومثلها بعد أسبوع ومثلها بعد أسبوع ثان ومثلها بعد أسبوع ثالث .
٥	٣٠ متر مربع (٥ × ٦ متر)	تضرب الأرقام أعلاه فى × ٥
١٠	٦٠ متر مربع (٧٫٥ × ٨ متر)	« « « « × ١٠
٢٠	١٢٠ متر مربع (١٠ × ١٢ متر)	« « « « × ٢٠

ونظرة واحدة إلى هذا الجدول تبين أن المساحة اللازمة لكل طن من المادة هى ٦ متر مربع ، وأن كميات الماء تزيد بنسبة ثابتة بزيادة المادة « مخلفة الحقل » .

وقد حددت المساحات وكميات الماء كما سبق لجعل التهوية والرطوبة داخل الكومات بحالة ملائمة لميكروبات التخمر دون تعرض « المخلوط الكيماوى » إلى الضياع بالرشح ، ويلاحظ أن أوزان المادة الأصلية فى هذا الجدول معطاة على فرض أن المادة المذكورة جافة فإذا استعملت مواد طرية جداً كورق وسوق الموز فيجب أن تؤخذ نحو ١٫٥ طن بدلا من كل طن ، مع تقليل كمية الماء التى تعطى أثناء العمل فقط ، أما مقادير الماء التى تعطى بعد العمل فتبقى كما هى فى الجدول .

جدول (٢٦)
أنواع مخلفة الحقل والمخلوط الكيماوى المستعمل
عن العجالة ١١١ وزارة الزراعة

المادة « مخلفة الحقل »	الطن الوحد يحتاج من « المخلوط الكيماوى » إلى :
قش الأرز والحشائش الخضراء ورق الشجر وورق الخضروات	١٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٣ كيلو جرام سوبر فوسفات + ١٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
تبين البرسيم والحلبة والفول والقمح والشعير	٢٠ كيلو جرام سلفات نشادر + ٤ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٢٠ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
عروش الفاصوليا والبطيخ والبطاطا والقلقاس وقش القصب وعروش اللوبيا والفول السودانى والطماطم .	٢٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٥ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٢٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
حطب الذرة وسوق الموز	٣٠ كيلو جرام سلفات نشادر + ٦ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٣٠ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب
حطب القطن وبقايا تقليم الأشجار ومصاصة القصب وساس الكتان	٣٥ كيلو جرام سلفات نشادر + ٧ كيلو جرام سوبر فوسفات + ٣٥ كيلو جرام كربونات جير ناعم + ١٠٠ كيلو جرام تراب

ويلاحظ أن مقادير الأزوت والفوسفور المبينة فى الجدول على صورة سلفات نشادر وسوبر فوسفات تتزايد بازدياد المركبات الخشبية فى المواد المراد تحويلها إلى سماد، كما تتزايد مقادير كربونات الجير الناعم بازدياد مقادير سلفات النشادر لمعادلة تأثيرها الحامضى وتأثير ما يتكون من أحماض أثناء التحول .

وقد يكون من المفيد وضع كمية مناسبة من السباخ البلدى مع التراب المستعمل فى (المخلوط الكيماوى) لتشجيع عملية التخمير .

ملاحظة : المائة كجم من التراب تساوى خمسة مقاطف تقريبا ويمكن الاستغناء عن كربونات الجير الناعم واستعاضته بزيادة التراب المستعمل .

خطوات العمل :

١ — تختار المساحة المخصصة للكومات بالقرب من ترعة أو مورد سهل للماء العذب، لتسهيل عمليات الرش مع تجنب الأرض الواطئة، خوفا من النشع ، ثم تدك جيداً، ويحفر حولها قناة بعرض ٢٠ سم وعمق ١٠ سم، للإحتفاظ بالسوائل التى ترشح .

٢ — يحضر « المخلوط الكيماوى » اللازم لكمية المادة المراد تحويلها إلى سماد، مع تقليبه جيداً، ثم يقسم إلى عشرة أجزاء متساوية بقدر الإمكان .

٣ — يفرش على المساحة ١/١٠ (عشر) كمية المادة « مخلفة الحقل » . ويستعان بمتوسط وزن عشر عبوات فردية (أكياس أو شنايف) فى حساب العبوات الكلية اللازمة ، ثم يقاس ارتفاع الطبقة للاستفادة به فى الطبقات التالية دون الحاجة إلى استخدام العبوات ، وارتفاع الطبقة الواحدة دائما ما يكون نحو ٤٠ — ٥٠ سم، ويمكن اتخاذه كقاعدة عامة دون الحاجة إلى الوزن ما دامت المساحة محسوبة على أساس ٦ متر مربع للطن الواحد ، وهو ما يساوى فى الغالب ٤ أحمال .

٤ — يرش على هذه الطبقة بالتساوى ١/١٠ كمية الماء اللازم فى أثناء العمل،

مع دوس العمال عليها بالأقدام أثناء الرش لتبتل جيداً، ثم ينثر عليها بالتساوى أيضا ١٠/١ « المخلوط الكيماوى » وبهذا تتم الطبقة الأولى من الكومة .

٥ — يفرش الـ ١/١٠ الثانى من المادة « مخلفة الحقل » على حسب الارتفاع السابق ذكره، ثم يرش عليها ١/١٠ الماء ويتبعه ١/١٠ « المخلوط » وبهذا تتم الطبقة الثانية .

٦ — يستمر العمل هكذا حتى تتم الطبقات العشر ، وتغطى طبقة « المخلوط الكيماوى » الأخيرة بقليل من المادة « مخلفة الحقل » .

٧ — تعطى الكومة بعد ذلك بطريق الرش كميات الماء السابق ذكرها بالجدول فى المواعيد المبينة فيه أيضاً .

٨ — بعد انتهاء إضافة هذه الكميات الكبيرة، ترش الكومة بالماء كلما لزم الأمر — حسب الأحوال الجوية — بحيث إذا أخذت قبضة من الكومة على عمق ٣٠ سم تقريبا من مواضع متعددة، وضغطت باليد جيداً رطبت اليد فقط، أى يجب ألا يكون السماد جافا، وألا يكون مشبعا بالماء لدرجة تساقطه منه بالضغط . ودرجة الرطوبة هذه ضرورية جدا لنجاح العملية وتجب المحافظة عليها حتى ينتهى نضج السماد .

٩ — بعد شهر ونصف من بناء الكومة تقلب جيداً مع إعادة تكويمها كما كانت والدوس عليها بالأقدام ؛ وهذه العملية هامة لتصبح جميع أجزاء الكومة متجانسة وتنشيط عملية التحلل المطلوبة .

١٠ — يكرر هذا التقليب مرة ثانية بنفس الطريقة بعد شهر ثم مرة ثالثة إذا لزم بعد نصف شهر .

نضج السماد وخزنه واستعماله :

تنضج الفضلات النباتية المعاملة بهذه الطريقة فى فترات تتراوح بين ثلاثة وخمسة أشهر ، حسب اختلاف نسبة المواد الخشبية بهذه الفضلات. ويمكن خزن السماد الناتج إلى حين الحاجة إليه بجمع الكومة فى حيز أصغر وكبسها جيداً مع حمايتها بقدر الإمكان من حرارة الشمس والرياح بتغطيتها بالخيش أو القش أو أية طريقة أخرى مع مداومة ترطيبها بالماء . ولاحتواء السماد على نسبة عالية من الرطوبة يمكن عند استعماله خلطه بالتراب ليسهل نثره على الأرض بالتساوى . ومن المنتظر أن يعطى الطن الواحد من الفضلات نحو مترين ونصف من الأمتار المكعبة من السماد .

ملاحظات هامة :

١ — إذا اتبعت هذه الطريقة فى الزراعات الكبيرة فقد يكون من المستحسن إفراد قطعة أرض خاصة مناسبة بكل حقل لعمل أكوام السماد من مخلفات الغيط نفسها وبذلك تقل نفقات النقل وغيرها .

٢ — القاعدة العامة أنه كلما كانت المادة المراد تحويلها مقسمة قطعاً صغيرة كان تحللها أسرع، وتصبح هذه القاعدة ضرورة لازمة فى حالة استعمال المواد الخشبية كحطب القطن والذرة . . . الخ . أما سوق الموز فيجب أن تقطع بالفؤوس قدر الإمكان .

٣ — إذا تيسر رش الماء على الكومات بالخرطوم الآخــــذ من طلمبة ماصة كابسة كان ذلك أحسن وأتم لضمان توزيع الماء توزيعاً متساوياً مع خفض التكاليف .

٤ — سماد سلفات النشادر هو أنسب الأسمدة الآزوتية الموجودة فى

السوق لهذه العملية، فإذا تعـذر الحصول عليه يمكن استعمال سماد نترو سلفات النشادر، وإن لم يوجد يستعمل نترات الجير مع مراعاة اختلاف نسبة الآزوت فى هذه الأسمدة .

٥ — يمكن فى حالة عدم الحاجة السريعة إلى سماد عضوى صناعى مع وفرة السباخ البلدى بالمزرعة، أن توضع طبقة من الفضلات النباتية على المساحة المناسية (٣ × ١٠ متر مثلا) بسمك ٥٠سم مع رشها بالماء إلى درجة البلل . ثم تنثر عليها كمية من السباخ البلدى بسمك ٢٠ سم، وتوضع بعد ذلك طبقات أخرى وتعامل بنفس الـكيفية، بحيث لا يزيد ارتفاع الـكومة فى النهاية عن ٢ متر بأى حال من الأحوال، ثم ترش الكومة بالـكميات المناسبة من الماء بين آن وآخر لتحتفظ الفضلات برطوبتها ، وتقلب مرة أخرى أو أكثر إذا كان هناك ضرورة لذلك . وفى هذه الطريقة تطول الفترة التى يتم فيها نضج الفضلات .

عمل الميكروبات فى الـكومة

فى المزارع الـكبيرة التى تستعمل فيها الآلات الزراعية عادة فإن الأسمدة البلديه تقل فيها بنسبة كبيرة ، لذلك تستعمل مخلفات الحقل على نطاق واسع لعمل السماد العضوى الصناعى ويتـكون هـذا السماد من القش ، ومخلفات الحقل من بقايا النباتات والحيوانات وتكون هذه المخلفات كثيرة ويمكن استغلالها اقتصادياً، وعادة تحتوى هذه المخلفات على النسب الآتية :

كربو ايدرات ذائبة	٤١٪
ألياف	٣٧٪
نتروجين	٠٫٣٪

لهذا فإن تحللها يتوقف على نسبة $\frac{ك}{ن}$ وعادة تـكون حوالى $\frac{٢٠٠}{١}$ ثم

تصل فى النهاية إلى $\frac{٢٠}{١}$

فالتحلل الطبيعي لهذه المواد فى الجور يكون بطيئاً لقلة كمية الآزوت ولإسراع هذا التحلل يجب :

أولا : إضافة أملاح النتروجين وذلك لكى ترتفع النسبة من ٠٫٣ — ١٫٢ ٪ . وتستعمل عادة أملاح الأمونيوم .

ثانياً : تهوية الجورة حيث أن التحلل يجب أن يتم هوائياً .

ثالثاً : إضافة الماء ليجعل الوسط مناسباً لنمو البكتريا .

فتكون النتيجة تفاعلات سريعة مصحوبة بارتفاع فى درجة الحرارة التى تساعد على زيادة التحلل . ويجب أن تعدل الرطوبة بحيث تكون ٧٥ — ٨٠ ٪ ، والزيادة عن هذه النسبة غير مفيد للعملية ، لأن الوسط سيكون لاهوائيا . وهذا من شأنه تأخير تحلل المواد العضوية ، أما إذا كانت نسبة الماء قليلة فإن كمية كبيرة من النتروجين تفقد وبالتالى تقلل من قيمة السماد الناتج ، وتعالج هذه الحالة بالرش . وأما درجة الحرارة فترتفع فى الكرمة وقد تصل إلى ٦٥ — ٨٠ م وتخفض بالرش بالماء ، كما أن التهوية تؤدى إلى رفعها ، والتهوية الجيده تشجع نمو الميكروبات الهوائية والفطريات والاكتنوميسيس ، ونتيجة للتحلل تختفى المواد السليولوزية ، أما المواد الهميسليولوزية والدهنية فإنها تتحلل إلى درجة كبيرة ويكون نتيجة لذلك زيادة نسبة اللجنين الصعب التحلل وزيادة نسبة البروتين نظراً لنمو البكتريا وتكاثرها وكذا زيادة الرماد .

تستفيد النباتات أصلا من البروتين الميكرونى بعد موت البكتريا وتحللها ، وبذلك ترتفع نسبة النتروجين من ١٫٢ — ٢ ٪ نتيجة لتحلل الكربوايدرات وفقدان كثير منها (ك ا٢) . وفى المراحل الأولى تكون الميكروبات الهوائية مثل الالكتنوميسيس . والبكتريا والسيتوفاجا والفطر نشيطة ، وبعد ذلك تزداد نسبة الاكتنوميسيس وينصح واكسمان باستعمال المخلوط الكيماوى الآتى لإيجاد سماد ذو صفات عالية :

سلفات الأمونيوم	٦٧٫٥ رطل
حامض الفوسفوريك	٢٢٫٥ رطل
جير مطحون	٦٠ رطل (لمعادلة الحموضة)

ويستعمل ١٥٠ رطل من الخلطة عالية لكل طن من القش ، وقد تستعمل مصادر أخرى للنتروجين مثل اليوريا أو سيناميـــد الجير أو فوسفات الأمونيوم ، وعادة لا تستعمل النترات حيث أنها تفقد بسرعة نتيجة لعملية انطلاق الأزوت . وقد تلقح الكومة بتراب من تربة خصبة وذلك لكي تقوم الميكروبات بسرعة تحليل الكومة .

وتلعب الميكروبات Thermophilic أو المحبة للحرارة دوراً هاماً فى تحلل السليلوز نتيجة لارتفاع درجة حرارة الكومة فى المراحل الأخيرة ، فتصل إلى درجة الحرارة المثلى لهذه الميكروبات (حوالى ٦٠° م). تقوم الميكروبات المحبة للحرارة (الثرموفيلية) مثل البكتريا والاستربتوميسس ومنها Streptomyces melanospora S. thermophilus & S. melanocyclus وكذلك بعض الفطريات الثرموفيليه بتحليل السليولوز .

ويذكر واكسمان سنة (١٩٥٢) أنه إذا لم تكن الرطوبة بالكومة بالدرجة الكافية ، والتى تسمح بالتحلل المثالى ، وذلك بأن تكون قليلة أو كبيرة بالدرجة التى تمنع أو تعيق التحلل ، فإن درجة حرارة الكومة ترتفع تلقائياً ، وينشأ عن ذلك بطء تحلل متخلفات الحيوان وبقايا النبات التى تحتويها الكومة ، وهذا من شأنه أن تتجمع مواد كيماوية طيارة التى قد تشتعل بمجرد تعرضها للهواء الجوى فتحترق الكومة . والظروف التى تساعد على الارتفاع التلقائى فى حرارة الكومة هو عدم تسرب الحرارة الناتجة عن التفاعلات البيولوجية بها وعدم دخول الأوكسوجين إلى داخلها ، كما أن عدم وجود رطوبة كافية يمنع امتصاص هذه الحرارة المتولدة . وينشأ عن هذه الظروف ، الارتفاع التلقائى فى درجة الحرارة والذى يتسبب فى فقـد كثير من المواد العضوية مثل الدهون ، والسكريات ، والهميسليولوز كما يفقد السليولوز والبروتين ،

ولكن بدرجة أقل ، أما اللجنين فلا يفقد منـــه شيء . امتصاص اللجنين للأوكسوجين مع الارتفاع فى درجة الحرارة إلى درجة الاشتعال ، قد يتسبب عنه احتراق الكومة .

جدول (٢٧)

نتائج التحليل لسماد عضوى صناعى وسماد بلدى وعادى
(عن العملية رقم ١٠٥ أصار قسم الكيمياء بوزارة الزراعة)
(١٩٥٦)

نوع السماد	رطوبة ٪	ازوت كلى محسوب على المادة الجافة ٪	مادة عضوية (فقد بالحريق) ٪	عمر السماد	ملاحظات
سماد عضوى صناعى	٣٩ر٣٦	٠ر٥٠	٣٠ر٠٦	٣ أشهر	قش أرز + سيناميد جير
سماد بلدى عادى	٨ر٠٥	٠ر٢٦	٩ر١	سنة	مشترى من صغار الزراع

جدول (٢٨)

نتائج التحليل للسماد البلدى الصناعى والسباخ البلدى
(عن المجالة .. الاسمدة العضوية وأهميتها)
ديسمبر سنة ١٩٥٨ وزارة الزراعة

السماد	التركيب الكيماوى: مادة عضوية	التركيب الكيماوى: آزوت	التركيب الكيماوى: حامض فوسفوريك	وزن المتر المكعب	ما يحتويه المتر المكعب الواحد: مادة عضوية	ما يحتويه المتر المكعب الواحد: آزوت	ما يحتويه المتر المكعب الواحد: حامض فوسفوريك
	٪	٪	٪	ك . ج	ك . ج	ك . ج	ك . ج
السباخ البلدى	٨	٠ر٣	٠ر٤	٨٠٠	٦٤	٢ر٤	٣ر٢
السماد البلدى الصناعى	١٦	٠ر٦	٠ر٤	١٠٠٠	١٦٠	٦	٤

إستغلال متخلفات المدن والمزارع الكبيرة

تحول فضلات المدن الكبرى من قمامة وأعشاب بحرية وسوائل مجارى ومتخلفات السلخانات ، والمصانع ، والأسواق . الى أسمدة عضوية ، فيلحق بكثير من المدن الكبرى مصانع لإنتاج هذه الأسمدة . فى هذه المصانع يعمل على تجميع القمامة ثم يفصل منها الزجاج والصينى والحديد وعلب الصفيح . . وغيرها ، وتطحن هذه المتخلفات أو قد تترك كما هى .تعبأ فى صوامع خاصة وهذه مزودة بوسائل تهويه ، مثل أنابيب لضغط الهواء بها . كما تزود أيضاً برشاشات للسماد ، وقد يستعمل ماء المجارى المتبقى بعد تخليصه من المواد العضوية ، وهو غنى بالأملاح المختلفة خصوصاً أملاح النتروجين ، فى رش هذه المتخلفات بدرجة تسمح لنمو الميكروبات الهوائيه ، وكما يقلل من الحرارة الناتجة عن التحلل . اذ قد ترتفع إلى ٦٠ — ٦٥°م وهذا النطاق كاف لقتل كثير من الميكروبات خصوصاً المرضية .

وبعد فترة التحلل يسحب السماد الناتج ، ويطحن جيداً ويباع كسماد عضوى . وأهمية هذا السماد عظيمة اذ أنه يحتوى على المواد الكربوايداتيه المعقدة التركيب ، والتى تزيد من نسبة الدوبال بالتربه علاوة على الأملاح النتروجينيه الهامه لتغذية النبات .

ولقد أوضح أبو الفضل ١٩٦٠ فى كتابه « الأسمدة العضويه» أن طريقة تحويل القمامة الى سماد تعتبر صورة من صور الاستغلال الإقتصادى السليم المتخلفات . فقمامة القاهرة مثلا تبلغ نحو ٤٠٠ ألف طن سنويا ، تحتوى فى المتوسط على مايقرب من ٧٥٪ بقايا نباتية وحيوانية صالحة للتخمير .

طرق تحويل القمامة إلى السماد .

لخص أبو الفضل (١٩٦٠) طرق تحويل قمامه المدن الى سماد فى الآتى :

توجد عدة طرق لتحويل القمامة الى سماد ، وتقع تحت ثلاثة أقسام رئيسية وهي : طرق التخمير الهوائي وطرق التخمير الشبه الهوائي أو المختلط وطرق التخمير اللاهوائي . ويجرى التخمير فيها إما مع الماء فقط وإما مع الماء والكيماويات غير العضوية ، وإما مع سائل المجاري أو متخلفات المراحيض. وتختلف هذه الأقسام الثلاثة بعضها عن بعض فيما يلي :

١ — في طرق القسم الأول تجرى التهوية بدفع الهواء متى كان التخمر في حجرات أو أبراج ، أو بتكرار التقليب على فترات قصيرة متى كان التخمير في كومات .

٢ — في طرق القسم الثاني يحدد مقدار الهواء الذي يلامس الأجزاء الداخلية للقمامة ، فاذا كان التخمير في حجرات أو أبراج تترك هذه مفتوحه لأيام قليلة ثم تغلق حتى النضج أو يدفع فيها الهواء بين حين وآخر . . أما اذا كان التخمير في كومات فإن طبقاتها تضغط عند بنائها ، ثم تقلل مرات تقليبها أو تترك هوائيه أي بدون ضغط لأيام قليلة ، ثم تضغط وتطمس بالطين مثلا لمنع الهواء عنها .

٣ — وفي طرق القسم الثالث يحبس الهواء من أول الأمر عن القمامة سواء وضعت في حجرات وأبراج أو في أكوام .

وهناك طرق عديدة أتخذت أسماء خاصة مثل طريقة

Beccari, Verdier, Bordas, Earp Thomas, Piker, Boggiano Picco Dano Indore

وغيرها من الطرق . وتجدر الإشارة الى أن طريقة Boggiano Picco, هي المتبعة في الإقليم المصري لتحويل قمامة القاهرة الى سماد عضوي .

ولقد أشار أبو الفضل(١٩٥٨) الى العديد من المتاعب التي تواجه السلطات الصحيه والبلدية من المتخلفات النباتية والحيوانية القابعة في شتى أركان المدن

وذكر أنه لا سبيل للقضاء على هذه المتاعب إلا باستغلال هذه المتخلفات على أساس اقتصادي سليم .

وفيما يلي موجز بوجوه هذا الاستغلال :

١ — من قمامة المدن يمكن انتاج السماد العضوى

٢ — من الأعشاب البحرية بعمليات الغسيل والتجفيف يمكن انتاج السماد العضوى ، وببعض العمليات الكيماوية يمكن انتاج الاجار والالجين واليود .

٣ — من دم المجازر وببعض العمليات الخاصة يمكن انتاج سماد الدم المعروف كما يمكن انتاج الالبيومين والهيموجلوبين والاحماض الامينية

٤ — ومن اللحوم المعدومة يمكن انتاج مسحوق اللحم ، ومسحوق العظام للتسميد وتغذية الدواجن ومن القرون والحوافر والشعر يمكن انتاج بعض الاسمدة العضوية المركزة .

٥ — ومن السلانه وقصاصات الجلود (متخلفات المدابغ) بمعاملات خاصة يمكن انتاج السماد العضوى المعروف « بالسفالة » أو سماد قصاصات الجلود .

٦ — ومن متخلفات الاسماك (رؤوس وعظام وأحشاء) . بمعالجتها بالبخار يمكن إستخراج الزيوت والدهون والجيلاتين . ثم ضغط الجوامد إلى كسب ، ثم التجفيف والسحق يمكن إنتاج مايعرف بجوانو الأسماك أو مسحوق السمك الذى يستخدم فى التسميد أو تغذية الدواجن .

٧ — والمتخلفات الزراعية كقش الأرز وحطب الذرة وقوالحها وحطب القطن وقش القصب وزعازيعه ،وكذا متخلفات تصنيع المحاصيل كسرس الأرز ورجيع الكون ، ومصاص القصب المعروفة بالباجاس. وقشر الفول السودانى

وقصرة بذرة القطن ، وتفل البيره ، وكذا متخلفات مصانع الألبان . . الخ يحتوى بعضها على نسبة عالية من المـــواد الكربوايدراتية كالسليولوز والبنتوزانات واللجنين ، وهى مركبات ذات طاقة حرارية عالية يمكن تحويلها إلى طاقة إنتاجية بإستخراج مواد ذات قيمة غذائية وصناعية عديدة ، فضلا عن إمكان إستخدام بعضها فى إنتاج الأسمدة العضوية أو إنتاج الورق (ومن سليولوز القش والخشب وبعض النباتات) ، والحرير الصناعى من سليولوز الخشب ، والألياف الصناعية من الزلاليات المختلفة والمضادات الحيوية والفيتامينات ، أو فى إستعمالات أخرى تعتمد على مالها من صفات طبيعية .

وبمعاملة هذه المتخلفات بالأحماض تتحول المواد الكربوايدراتية إلى سكريات قابلة للتخمر كالجلوكوز والزيلوز. والأول يمكن تحويله إلى كحول الإيثيل بواسطة الخميرة S. cervisiae ، والثانى يمكن تحويله إلى كحول البيوتيل والأسيتون وكحول الإيثيـــل بواسطة البكتريا Cl. acetobutylicum ، كما يمكن تحويلها إلى مواد دهنية بإستعمال أنواع من الخمائر والفطريات مثل Endomyces verimalis ، أو تحويل سكر الزيلوز إلى مواد بروتينية بإستعمال الخميرة الكاذبة مثل Torulopsis utilis .

ومن بعض المنتجات الزراعية مثل القوالح وسَرس الأرز وقصرة بذرة القطن وحطب الذرة يمكن إستخراج الفيرفورال Furfural ، وذلك بتسخين هذه المنتجات مع حامض الكبرتيك تحت ضغط عال .

ومن شرش اللبن يمكن انتاج حامض اللكتيك بواسطة بكتريا Lactobacilli ، كما يمكن إنتاج كحولات وفيتامينات بتأثير بعض الخمائر والبكتريا.

ومن بين استعمالات المتخلفات النباتية والحيوانية عند تحويلها الى أسمدة عضوية بالتخمر اللاهوائى انتاج غاز الوقود المعروف « بالميثان » ، الذى يستخدم بديلا لغاز الاستصباح والبوتاجاز فى الأغراض المنزلية ، أو بديلا لسوائل البترولية فى ادارة المحركات والآلات .

الأسمدة الخضراء

Green Manures

يلجأ عادة إلى تسميد التربة بالأسمدة الخضراء ، ذلك بنمو نبت ما إلى حد معين ، ثم يحرث فى الأرض وهو أخضر . وعادة تستعمل النباتات البقولية وبعض النباتات غير البقولية لهذا الغرض. وفى الاقليم المصرى يلجأ إلى ذلك بقلب البرسيم (برسيم قلب) فى التربة الزراعية قبل زراعة القطن. وعلى العموم فاختيار النبات المراد التسميد به يتوقف على عدة عوامل أهمها طبيعة التربة والمناخ والدورة الزراعية ونوع التربة وغيرها .

والتسميد بالأسمدة الخضراء يفيد كل من التربة والنباتات على النحو الآتى:

١ — زيادة النتروجين الكلى والنتروجين القابل للتمثيل فى التربة الزراعية وتستعمل عادة النباتات البقولية للتسميد لتحقيق هذا الغرض (البرسيم القلب). واختيار النبات البقولى المراد التسميد به يتوقف على عدة عوامل منها فصل السنة وطبيعة التربة والدورة الزراعية وموقع المنطقة .

٢ — الاحتفاظ بالمواد الغذائية الصالحة للنبات خصوصا النترات من تسربها خلال التربة الزراعية وذلك أثناء الفصل الذى تترك فيه التربة بدون زراعة.

٣ — زيادة كمية المواد العضوية بالتربة .

٤ — حماية التربة من عوامل التعرية Erosion وذلك فى الأراضى المعرضة بكثرة للعوامل الطبيعية السيئة كالرياح الشديدة والأمطار الغزيرة .

يلاحظ عادة عند اختيار النباتات المراد التسميد بها بأن تكون ذات نسبة عالية من النتروجين والأملاح القابلة للذوبان، وتحتوى على نسبة بسيطة من السليولوز واللجنين، وعلى ذلك فعند حرثها بالتربة تتحلل سريعاً منتجة أملاح نيتروجينية وكذا أملاح معدنية أخرى فى متناول النبات ويتبقى منها كمية بسيطة من الدوبال .

وعادة تحرث النباتات الحديثة السن فى التربة، حيث أن النباتات كلما زادت فى العمر كلما قلت كمية النتروجين والرماد المحتوى عليها، وكلما زاد السليولوز

واللجنين بها . وعلى ذلك فتحلل النباتات الحديثة السن من شأنه إنتاج كمية وافرة من الأمونيا ، وكلما كان النبات حديث السن كلما احتوى على نسبة عالية من النتروجين وعليه تزيد نسبة الأمونيا الناتجة عن تحلله ، كما أن تحلله يكون سريعا .

ويمكن تقسيم النباتات التى تستعمل أسمدة خضراء إلى الأقسام الآتية :

١ — نباتات تحتوى على نسبة متزنة من الكربون والنتروجين .

٢ — نباتات تحتوى على نسبة عالية من النيتروجين والتى تزيد عن حاجة الكائنات الدقيقة لتحليل الكربوايدرات .

٣ — نباتات تحتوى على نسبة عالية من الكربوايدرات واللجنين عن النيتروجين . وهذا القسم سواء أكان من النباتات البقولية أو الغير بقولية يتحلل ببطء عن القسمين الآخرين .

عند حرث النباتات الصغيرة فى التربة بقصد استعمالها كأسمدة خضراء فان كثيراً من النيتروجين يفقد من التربة على هيئة أمونيا ، وهذه الخسارة أو الفقد تعتمد على كمية النيتروجين الكلية الموجودة بأنسجة النبات ، ومن المعروف أن النباتات الصغيرة السن تحتوى على نسبة واطئة من السليولوز واللجنين ، ولكنها تحتوى على نسبة عالية من النيتروجين والأملاح القابلة للذوبان فى الماء . وعلى ذلك فهذه النباتات تتحلل بسرعة عن النباتات الناضجة ، وتترك كمية بسيطة من المواد العضوية فى التربة على هيئة دوبال مختزنا معه أيضا كمية بسيطة من النتروجين . أما عند استعمال النباتات الناضجة (أكبر سنا) فانها تتحلل ببطء وتترك كمية كبيرة من الدوبال لاحتوائها على نسبة عالية من اللجنين والسليولوز ، وينشأ عن ذلك التحلل البطىء كميات محدودة من الغذاء المناسب لتغذية النباتات التى تكون باستمرار طالما كان التحلل سائراً فى طريقه ، وبذلك لا يحصل الفقد خصوصا فى النيتروجين وغيره من العناصر الهامة فى تغذية النبات كالذى يحدث لو استعملت نباتات صغيرة كأسمدة خضراء . وعلى ذلك يمكن القول

أن عمر النباتات المستعملة كأسمدة خضراء تلعب دوراً هاما فى إمداد التربة بالعناصر اللازمة لنمو النباتات وكمية الدوبال الذى يعتبر مخزنا لهذه العناصر.

واستعمال الأسمدة الخضراء مفيد للتربة، وينصح به إذا أردنا أن نمد التربة بكميات وافرة من النتروجين وثانى أكسيد الكربون. ومن الجدير بالذكر أن كمية الدوبال المتروكة من هذا النوع من التسميد تكون قليلة عادة. ولكن إذا أردنا أن نزيد من كمية الدوبال فى التربة فإنه لا بد من إستعمال الأسمدة البلدية كسماد الاسطبل وكذا الأسمدة العضوية الصناعية أو بقايا النباتات الناضجة كالقش وأوراق الأشجار وغيرها، بحرثها فى التربة وإضافة كمية وافرة من الأسمدة النيتروجية والفوسفانية عند حرثها.

الباب الحادى عشر

علاقة التربة الزراعية بالنباتات والميكروبات

تأثير الميكروبات على ربط (تجميع) حبيبات التربة

Effect of Microorganisms on soil aggregation

تلعب ميكروبات التربة دوراً هاماً فى تحسين الخواص الطبيعية للتربة الزراعية وذلك بتجميع حبيباتها ، فتقوم الفطريات وكذلك البكتريا بربط وتماسك حبيبات التربة . فالأولى تستطيع أن تعمل شبكة حول حبيبات التربة بواسطة الميسليوم الذى يتغلغل بين هذه الحبيبات ، أما الثانية فتقوم بإفراز مواد كربوايدراتية صمغية تتبع مجموعة Polyuronide تعمل على ربط وتماسك حبيبات التربة .

من المعروف أنه بمجرد أن تجد المادة العضوية طريقها إلى التربة الزراعية فإنها تقع تحت تأثير الميكروبات ، فتحلل إلى مواد عديدة ، وتتحد المواد الناتجة عن تحلل المواد العضوية مع بعضها كيماوياً وطبيعياً ومع المواد غير العضوية بالتربة مكونة ما يعرف باسم soil aggregates أو تجمع حبيبات التربة .وأشار بعض الباحثين أيضاً إلى أن المواد الصمغية الناتجة عن تمثيل البكتريا ، تعمل على تجميع حبيبات التربة . وجد Swaby عند تلقيحه لتربة معقمة بها جلوكوز بالفطر Apsidia glauca والفطر Aspergillus nidulans ، فإنها تنتج ٢٤٢ — ٣٧٤ متراً من الميسليوم بالجرام الواحد،

وهـذه تعمل على تماسك حوالى من ٨٠٫٣ — ٩٦٫٥ ٪ من التربة . ولقد وجد أن التربة النشطة الحديثة تحتوى على حوالى ٣٨٫٨ متراً من الهيفات فى الجرام الواحد ، ولقد وجد Martin & Mc Calla وغيرهم من الباحثين أن الميكروبات تختلف فى قدرتها على تجميع حبيبات التربة لاختلافها فى إنتاج مواد متعددة كل منها له تأثير مختلف على تجميع حبيبات التربة .

ولقد أوضح Swaby وغيره من الباحثين أن هناك إلى جوار المواد التى تنتجها البكتريا مواد معدنية وغير معدنية معقدة تعمل على تجميع حبيبات التربة مثل الطين والدوبال .

وإضافة المواد العضوية إلى التربة مثل الأسمـــدة العضوية والأسمدة الخضراء والنشا والجلوكوز مثلا تعمل على تماسك حبيبات التربة ، وذلك بتشجيع هذه المواد العضوية للميكروبات التى تكون المواد الكربوايدراتية الصمغية . ولقد وجد أن الفطريات والبكتريا التى تفرز هذه الصموغ (منتجات ثانوية نتيجة لعملية التمثيل) هى الميكروبات الهامة فى تجميع حبيبات التربة ، يليها الاكتنوميسيس ثم الخميرة ثم البكتريا الأخرى . وقد تقوم بعض ميكروبات التربة بتحليل هذه المواد الصمغية الرابطة وبذلك تحدث ما يعرف بالتفتيت disaggregation وهو عكس التجميع .

المنطقة المحيطة بالجذور

The Rhizosphere

أدخل هذا الإصطلاح هلتنر Hiltner (سنة ١٩٠٤) ليعبر به عن المنطقة التى حول جذور النباتات الراقية مباشرة ، حيث يزداد فيها نشاط الميكروبات ، كذلك عبر هذا الإصطلاح فى وقت من الأوقات عن العلاقة الوثيقة بين ميكروبات التربة الزراعية وجذور النباتات الراقية .

وحديثاً قسمت المنطقة المحيطة بالجذور إلى قسمين :

١ — سطح الجذور Root surface

٢ — الريزوسفير The Rhizosphere

ويعبر عنهما بمنطقة الجذور Root Region

ويمكن دراسة الريزوسفير بوضع شرائح زجاجية حول الجذور ثم تستخرج من التربة على فترات ، وتصبغ ، وتدرس الميكروبات التى عليها . فهذه الطريقة توضح لنا تأثير الجذور فى تشجيع نمو وتكاثر أنواع خاصة من الميكروبات .

وقد دلت فعلا هذه الطريقة على أن أنواع كثيرة من البكتريا والاكتينوميسيس والفطر تجد المنطقة المحيطة بالجذور مرتعاً خصباً للنمو .

وجذور العائلات النباتية المختلفة تشجع نمو أنواع خاصة من الميكروبات، فالميكروبات التى تنمو حول الريزوسفير لنبات بقرلى مثلا مثل الفول تختلف عن الميكروبات النامية حول جذور نبات نجيلى مثل القمح ، وذلك لأن إفرازات جذور نبات الفول تختلف عن جذور نبات القمح . ولقد وجد أيضاً أن نباتات العائلة الواحدة تشجع جذورها نمو أنواع مختلفة من الميكروبات ، فمثلا البرسيم يشجع أنواع من الميكروبات قد تختلف عن التى يشجعها نبات الفول بالرغم من أنهما يتبعان عائلة واحدة .

وقد تستعمل المواد العضوية فى تشجيع ونمو ميكروبات خاصة فى الريزوسفير ، والتى تستطيع أن تضاد Antagonise فعل الميكروبات المرضية فاستعمال الأسمدة العضوية والأسمدة الخضراء يشجع نمو

الميكروبات التى تفرز موادمضادة Antibiotics التى تحبط نشاط الميكروبات المرضية .

ولقد وجد أن كثيراً من البكتريا تنمو بنشاط بل تفضل أن تعيش فى منطقة الريزوسفير ، وخصوصاً عند سطح الجذور مباشرة ومنها الميكروبات الآتية :

١ — الميكروبات المثبتة لنتروجين الهواء الجوى .
٢ — الميكروبات المحللة للسليولوز .

وهذين النوعين يوجدان حقيقة بكثرة حول الجذور .

ولقد تمكن Starkey من تعيين نوعين من المواد تمد بها جذور النباتات الميكروبات التى حولها وهما :

١ — مواد قابلة للذوبان تفرز من الجذور فى التربة .

٢ — خلايا الجذور الميتة التى تنفصل باستمرار منها مثل الشعيرات الجذرية وغيرها .

هدان هما المصدران الهامان المنطقةالحيطة بالجذر ، غيرأن هناك عوامل أخرى أقل أهمية مثل امتصاص الأملاح المعدنية نتيجةلامتصاص الجذور ، وبالتالى جفاف التربة نسبياً حولها ، وكما نجد نسبة الكربونات مرتفعةحول الجذور نتيجة لثانى أكسيد الكربون الناتج عن التنفس . ولا يخفى مالذلك كله من تأثير فى نمو الميكروبات الموجودة فى المنطقة حول الجذور .

ولقد وجد Starkey (سنة ١٩٥٨) فى استعراض لهذا الموضوع أن الريزوسفير هو المكان أو القاعدة التى يحدث بها نشاط ميكروبيولوجى

كبير بالتربة الزراعية ، وهى منطقة هامة جداً لأن هذا النشاط له تأثير كبير على النباتات . إذ أن نشاط الميكروبات فى هذه المنطقة يؤثر تأثيراً كبيراً على نمو النبات . والعلاقة بين النباتات وبين الميكروبات التى توجد فى نطاق جذورها تظهر واضحة فى التعاون الظاهر بين النباتات البقولية وميكروبات العقد الجذرية ، ومن النباتات المخروطية وكذا الموالح وبين الميكوريزا . وعلى العموم فدراسة الميكروبات الموجودة حول جذور النباتات يوضح لنا علاوة على صور التعاون بين النباتات وميكروبات التربة فانه يظهر علاقة بين الميكروبات وجذور النباتات . فلقد وجد Louw & Webley (١٩٥٩) أن عدد البكتريا المنتجة للأحماض والمذيبة للفوسفات الغير قابلة للذوبان يزداد فى العدد حول جذور بعض النباتات .

وجدير بالذكر أن أشياء كثيرة لم تعرف مثل مدى امتصاص النباتات للمواد الناتجة عن تمثيل هذه الميكروبات وتأثيرها على نمو هذه النباتات .

وتؤثر جذور النباتات تأثيراً واضحاً على نشاط الميكروبات فى هذه المنطقة حيث تفرز هذه الجذور مواد عضوية وغير عضوية تشجع نمو ميكروبات خاصة .

ومدى أثر الجـــذور فى الميكروبات النامية حولها نسبة إلى الميكروبات النامية فى التربة بعيدة عن الجذور بحوالى ٢٠ سم تقريبا يعبر عنه R/s Ratio أو Rhizosphere/soil ، وهذه العلاقة هى عبارة عن :

$$\frac{\text{عدد الميكروبات النامية فى المنطقة المحيطة بالجذر}}{\text{عدد الميكروبات النامية فى التربة بعيدة عن الجذر}} \text{ محسوبة على أساس الوزن الجاف.}$$

أما من حيث توزيع أنواع الميكروبات ونسبتها حول الجذور فيختلف من نبات إلى آخر . فلقد وجد بعض الباحثين مثلا أن حوالى ١٣٪ من الميكروبات التى تعيش بعيداً عن منطقة الريزوسفير سالبة لصبغة جرام ، بينما وجدت بنسبة تبلغ حوالى ٢٣٪ فى ريزوسفير بعض النباتات . وعلى

العموم فهذه النسبة تتفاوت من نبات إلى آخر . وجد بعض الباحثين أن الميكروبات الآتية هى السائدة بوجه عام فى ريزوسفير كثير من النباتات :

1. Pseudomonas sp.
2. Xanthomonas sp.
3. Achromobacter
4. Cytophaga

وهذه الميكروبات تستطيع أن تمثل الأحماض الأمينية والإفرازات الأخرى لجذور النباتات .

الجدول رقم (٢٩) يوضح كثافة الميكروبات حول الجذور عن التربة المزروع بها بعض النباتات البقولية والغير بقولية ، ويلاحظ أن عدد الميكروبات حول جذور البقوليات كبير بالنسبة للنباتات الأخرى ويرجع ذلك لإفرازات الجذور وما عليها من عقد بكتيرية غنية بالمواد الغذائية التى تشجع نمو الميكروبات بكثرة .

جدول (٢٩)

عدد الميكروبات بالجرام الواحد (وزن جاف) فى التربة وفى منطقة جذور بعض النباتات ، مقدرا على بيئة مستخلص التربة لتقدير البكتريا وبيئة وكسمان لتقدير الفطريات

النباتات	بيئة إجار مستخلص التربة		بيئة وكسمان	للعدد الكلى
	العدد الكلى	عدد البكتريا	الفطريات	R/s Ratio
	العدد بالمليون		العدد بالآلاف	
قطن جيزة ٢٦ التربة المزروعة بالقطن	٥٦٦٫٤٠٠ ٢٦٫٦٤٠	١٫٥١٠ ٣٫١٠٨	٣٤٠٨٨٠ ٣٫٦٦٣	٢٫١٢
طماطم التربة المزروعة بالطماطم	١٧٤٫١٦ ١٥٫٢٦	١٫١٨ ٠٫٨٣	٥٢٫٨٠ ١٢٥٫١٠	١١٫٤١
كتان التربة المزروعة بالكتان	٢١٫٢٧ ٦٫٣	١٫٥١ ٠٫٦٠	٤٣١٠ ٣٤٤٫٫٤٠	٣٫٣٧
فول بلدى التربة المزروعة بالفول البلدى	٤٣٤٫٣٧ ٢٣٫٨٣	٠٫٥٣ ٢٫٥٨	٢٣٫٣٠ ٢٧٫٥٠	١٧٫٢٢
البسلة التربة المزروعة بالبسلة	١٦٧٫٨٠ ٨٫٥٢	٠٫٧١ ١٫٩٦	٦٤٫١٠ ٢٩٫٥٠	١٩٫٦٩
برسيم مصرى التربة المزروعة بالبرسيم المصرى	٣٧٥٫٥ ٥٠٫٠٩	١٨٫٨٩ ٠٫٧٣	١٧٧٫٧٨ ٢٧٩٫٥٠	٧٫٤٩

ومن العوامل الهامة التى تؤثر فى نمو الميكروبات حول الجذور هو نوع النبات وعمره وطبيعة التربة ومعاملاتها . فمثلا جذور نبات البرسيم الحجازى لاتشجع نمو الفطريات بينما جذور نبات الباذنجان تشجع نموها . بل أنه يمكن القول على وجه التحديد أن جذور الأصناف المختلفة لنبات مايشجع نمو ميكروبات يختلف بعضها عن بعض . وهذا من الأهمية بمكان عند دراسة الأصناف المقاومة والغير مقاومة لمرض ما . ولقد وجد مثلا أن صنف من الموز يستطيع مقاومة مرض فطرى يسمى Panama disease يسببه فطر Fusarium oxysporum تحتوى منطقة الريزوسفير التى حول جذوره على ميكروب مضاد Antagonistic الميكروب المسبب لهذا المرض، بينما الأصناف الأخرى المعرضة للإصابة بهـذا المرض لاتحتوى على هذا الميكروب .

ولقد وجد كثير من الباحثين أن كثيراً من البكتريا خصوصا العصوية المتجرثمة التابعة لجنس Bacillus لها مقدرة كبيرة فى احباط نمو الفطريات التى تسبب أمراضاً بالنباتات، فلقد وجد Parter (١٩٢٤) أن بعض هذه البكتريا يستطيع إحباط نمو Helminthosporium Sp. الذى يصيب بادرات القمح، كما عزل رودرت وفوتر Rudort & Foter (١٩٤٧) أنواع من البكتريا من التربة الزراعية التى تنتج مضادات الحيوية والتى تشبه bacillin التى ينتجها B. subtilis

ولقد وجد Christensen and Davis (١٩٤٠) أن المواد المضادة للحيوية التى تفرزها B. mesentericus تحبط نمو Helminthosporium sativum الذى يتطفل على بادرات القمح والشعير. ولقد وجد كثير من الباحثين مثل هذه النتائج ، وكما درسوا ريزوسفير كثير من النباتات وهم عديدين منهم : Veasudeva and Chakravarthi (١٩٥٠) و(١٩٥٤) Krstic و (١٩٥٤) Morton and Stroube ونعيم ومحمود وحسين (١٩٥٧) ومنتصر ومصطفى وعلوان (١٩٥٨) وقدرى ومحمود وسلامة (١٩٦٠) وعلوان ومحمود (١٩٦٠) وغيرهم من الباحثين .

تأثير النباتات على ميكروبات التربة الزراعية

كما رأينا من الفوائد الجمة التى تقدمها الميكروبات للنبات ، فإن للنباتات تأثير كبير فى نمو ونشاط ميكروبات التربه الزراعية . وفيما يلى ملخصاً لهذا التأثير :

١ — تفرز النباتات مواد عضوية وغير عضوية قابلة للذوبان، والتى تتخذ منها الميكروبات وسطاً ملائما لنموها ، ومن هذه المواد حامض الفورميك والاكساليك والماليك والسكريات والفوسفات والمركبات الازوتية وغيرها ، وهذه تشجع نمو البكتريا والفطر .

٢ — الخلايا التى تنفصل من الجذور مثل الشعيرات الجذرية والقلنسوة وخلايا الابدرم تمد الميكروبات بالطاقة اللازمة لها للنمو والتكاثر .

٣ — تقوم الجذور بإمتصاص وتخفيف تركيز بعض الاملاح من الوسط المحيط بها، مثل النترات والفوسفات وأملاح البوتاسيوم، وهذا يحدث تغييراً فى تركيز محاليل التربة وبالتالى يعدل من نمـــو ونشاط الميكروبات بالتربة الزراعية .

٤ — تخرج جذور النباتات كمية كبيرة من ك ا٢ نتيجة لتنفس الجذور ، وهذا يؤثر فى تركيز أيون الإيدروجين ويساعد فى إذابة كثير من الأملاح المعدنية الغير قابلة للذوبان .

٥ — تمتص الجذور كثيراً من الماء فى التربة مما يؤدى إلى انخفاض نسبة الرطوبة فيؤثر تأثيراً ضاراً على نمو الميكروبات إذا ما كانت الرطوبة غير كافية

٦ — تعدل النباتات فى الخواص الطبيعية التركيبية للتربة الزراعية، وبذلك تساعد على إيجاد الوسط الملائم لنمو البكتريا الأخرى .

٧ — تزيل الجذور النترات من التربة الزراعية (ن ا$_{٣}^{-}$) تاركة القاعدة مثل ص أو بو . . الخ، التى تؤثر فى خواص التربة الكيماوية والطبيعية مثل رقم (pH) الذى له تأثير كبير على نمو الميكروبات ونشاطها .

تأثير الميكروبات على نمو النباتات

Influence of Soil Microorganisms upon plant growth

تلعب الميكروبات دوراً هاما ورئيسياً فى نمو النباتات ووفرة محصولها كما سبق القول ، ويجدر بنا أن نذكر فيما يلى ملخصالما تقوم بهالميكروبات:

١ — تقوم الميكروبات بتحليل المواد العضوية مثل بقايا النباتات والحيوانات محولةإياها إلى الصورة المعدنية Mineralization ، معطية أملاح النتروجين والفوسفور والكبريت وغيرها اللازمة لنمو النباتات ، وكذلك تنتج كمية كبيرة من ك ا$_{٢}$ اللازم للتمثيل الكربونى .

٢ — تقوم الميكروبات بأكسدة كثير من الأملاح مثل أملاح الأمونيوم والكبريت سواء المضافة للتربة أوالناتجة عن تحليل الموادالعضوية، وبذلك تحور فى تركيب هذه الاملاح تحوراً يلائم امتصاص الجذور .

٣ — تقوم الميكروبات بمنافسة النباتات فى الحصول على الأملاح الغير عضوية مثل النترات وأملاح الأمونيوم وغيرهاالتى تثبتها فى خلاياها. ولكن يعتبر ذلك مدخراً للنبات ، لأنه بعد موت هذه الميكروبات فانها تتحلل إلى الصور المعدنية المتقدم ذكرها ، هذا علاوة على أن هذه الأملاح تضيع فى ماء الصرف إذا كانت بكميات كبيرة ، كذا إذا كانت الأرض متروكة بدون زراعة (شراقى) ، وعلى ذلك فان فعل الميكروبات فى تثبيت هذه الأملاح فى خلاياها مفيد ، إذ أن هذا التثبيت مؤقت .

٤ — تحت تأثير عوامل خاصة تقوم الميكروبات باختزال النترات والكبريتات إلى مواد ربما تكون ضارة بالنباتات أو على الأقل تجعلها غير قابلة للتمثيل .

٥ — تعيش بعض الميكروبات معيشة تبادل المنفعة مع النباتات مثل بكتريا العقد الجذرية فى البقوليات ، وغيرها من البكتريا تفيد النباتات والتربة وتثبت كثير من نتروجين الهواء الجوى، وجدير بالذكر أيضا أن نشير إلى الميكوريزا - التى تعيش على جذور كثير من الأشجار وتعمل عمل الشعيرات الجذرية فى امتصاص الماء والأملاح فى التربة .

٦ — يمكن لبعض البكتريا والفطر والاكتنوميسيس أن تغزو جذور النباتات أو أن تعيش عليها فى المنطقة المسماة بالريزوسفير ، وهذه الميكروبات تؤثر تأثيراً كبيراً فى نمو النباتات وذلك عن طريق إفرازاتها مثل الهرمونات أو عن طريق عوامل أخرى كتحويل المواد العضوية إلى الصورة المعدنية .

٧ — تكوين ك ا٢ وكذا الأحماض العضوية بواسطة الميكروبات يزيد من ذوبان أملاح التربة الزراعية خاصة الكربونات والفوسفات ، كذا تكوين الأحماض المعدنية مثل حامض الأزوتيك والأزوتيت والكبريتيك تساعد على إذابة كثير من المركبات الغير قابلة للذوبان .

وحيث أن ميكروبات التربة تؤثر تأثيراً كبيراً على تركيز غازات التربة مثل ك ا٢ ، ا٢ فانها كذلك تؤثر عن طريق غير مباشر فى نمو جذور النباتات الراقية.

٨ — تقوم الميكروبات بالعمل على جعل الفوسفات الغير قابلة للذوبان فى متناول النبات .

٩ — تؤثر الميكروبات تأثيراً نافعاً فى إنبات البذور ونموها وذلك عن طريق إفرازاتها للهرمونات والاكسينات .

تأثير بعض العمليات الزراعية على ميكروبات التربة

تلعب العمليات الزراعية فى التربة دوراً كبيراً فى محتويات الأرض

الميكروبية،وفيمايلى العمليات الزراعية وماتقوم به من تأثير فى نشاط محتويات التربة البيولوجية :

١ — الزراعة :

زراعة التربة تساعد فى تهويتها وحيث أن معظم ميكروبات التربة الزراعية هوائية فانها تساعد على نمو وتكاثر هذه الميكروبات ، الأمر الذى يساعد أيضا على زيادة معدل تحلل الدوبال .

٢- الصرف Drainage :

وهو أيضا أحد العوامل التى تساعد على تهوية التربة والتخلص من الأملاح الضارة التى قد تحد من نشاط الميكروبات النافعة .

٣ — التسميد Manuring :

فالأسمدة العضوية تمد البكتريا بالغذاء اللازم لها حيث أنها مصدر للطاقة، وتزيد من الدوبال فى التربة، وتحسن خواص التربة الطبيعية.وإذا لم يستفيد النبات من الأسمدة عاجلا فانه يستفيد منها آجلا كما سبق شرحه (أنظر نسبة $\frac{ك}{ن}$)

الأسمدة الغير عضوية : تتنافس النباتات مع الميكروبات عليها وعلى العموم ليس لها تأثير كبير على الميكروفلورا .

٤ — معاملة التربة بالجير Liming :

وهى تساعد فى تعادل التربة الحامضية، وحيث أن أغلب البكتريا تفضل لنموها حالة التعادل أو القلوية ، فإن هذه المعاملة تساعد على نشاط ميكروبات

التربة ، هذا وتزيد أيضا من تهوية التربة الزراعية نتيجة لخاصية تجمع حبيبات التربة.

• ــ الدورة الزراعية أو تعاقب المحاصيل :

وهذا له تأثير كبير فى زيادة نشاط ميكروبات التربة الزراعية، فالمعروف أن جذور النباتات (العائلات المختلفة) لها إفرازات خاصة تشجع نمو أنواع خاصة من الميكروبات ، فافرازات جذور النباتات البقولية مثلا تختلف عن النباتات النجيلية، ولكل منها ميكروبات خاصة تعيش حول هذه الجذور (أنظر الريزوسفير) ؛ ويمكن إثبات ذلك بواسطة شريحة زجاجية تلصق بجوار الشعيرات الجذرية ثم معرفة الميكروبات التى تنمو حولها، وهذا مايسمى بال Rhizosphere ، هذا علاوة على أن الشعيرات الجذرية تترك النباتات بعد مدة وتتحلل، فتزيد من المواد العضوية ، الأمر الذى يساعد على نشاط الميكروبات ونموها . وحيث أن المجموع الجذرى فى النباتات يختلف، فبعضه وتدى والبعض الآخر سطحى، فتعاقب المحاصيل يزيد من المواد العضوية فى الطبقة السطحية والطبقة التى أسفلها.

تأثير التجفيف (الشراقى) على خصوبة التربة

Effect of driving “Sharaki’ ’on soil fertility

يقصد بالشراقى تعريض التربة الزراعية للجفاف والحرارة الشديدة وأشعة الشمس فى مدة الصيف ، فيتسبب عن ذلك جفاف التربة الزراعية وانكماشها وتشققها، فينشأ عن ذلك تحسن فى تهويتها إلى أعماق كبيرة فتصبح المادة العضوية التى تحتويها أكثر قابلية للتحلل وتزداد نسبة الأزوتات بالتربة. ولما كانت نسبة الرطوبة فى التربة لاتسمح بالنشاط الحيوى أثناء ترك التربة شراقى فان التغيرات المذكورة تحدث بطرق كيماوية .

وهذه الطريقة معروفة منذ أزمان بعيدة لدى المزارعين المصريين ، فكان من المعتاد ترك الأرض التي سبق زراعتها بالحاصيل الشتوية والتي يحصد محصولها عادة في مايو أو يونيو بدون زراعة فترة الصيف . ولكن المتبع أن فترة الشراقي هذه تنتهي بزراعة الحاصيل النيلية وتكون في يوليو أو النصف الأول من أغسطس أو قد تترك الشراقي إلى أن تزرع الحاصيل الشتوية في شهر سبتمبر أو أكتوبر . ولقد وجد المزارعون أن المحصول المزروع بعد فترة الشراقي هذه يعطي غلة وفيرة .

ويعتقد أن هناك عاملان هامان يؤثران في زيادة خصوبة التربة أثناء فترة الشراقي وهما التجفيف والحرارة . فلقد وجد Prescott سنة ١٩١٨ أن سطح التربة في أراضي الشراقي قد تصل درجة حرارته إلى ٦٨° م . كما وجد Prescott and Piper سنة ١٩٣٠ أن الرطوبة الكلية بالتربة قد تصل إلى ٤ — ٥ ٪ في هذه الفترة ، وهذا الجفاف من شأنه أن يحدث تشققا غائراً في التربة الزراعية تجعل حرثها غير مستطاعا ولذا فانها تروى قبل ذلك .

ولقد أجريت عدة أبحاث في مصر على أرض الشراقي وتأثيرها على خصوبة التربة ، ووجد أن ترك الأرض شراقي يحدث زيادة مطردة في الأزوتات وأملاح الأمونيوم في التربة . وهذه الزيادة كانت أعلى في أرض تركت شراقي بعد برسيم عنها بعد قمح .

ولقد درس (سليم وآخرون) تأثير الشراقي على النيتروجين بالتربة الزراعية ، واختير لإجراء هذه التجربة قطعتان من الأرض واحدة بعد قمح والاخرى بعد برسيم وتركت القطعتان شراقي في الفترة المحصورة بين حصاد المحصول الشتوى إلى زراعة المحصول النيلي ، ثم رويت التربة . ثم صممت التجربة على النحو التالي :

١ — تركت قطعة بدون زراعة (أي شراقي) إلى أن زرعت بالمحصول الشتوى .

٢ — زرعت قطعة ذرة نيلي .

٣ — تركت قطعة بدون زراعة ولكن رويت كلما رويت الذرة النيلي:
بعد حصاد الذرة النيلي زرعت الثلاث قطع بالفول . أخذت عينات من التربة من كل المعاملات قبل الري بيوم ، كما أخذت عينات من التربة المزروعة بالفول قبل الزراعة، ثم في طور التزهير وعند تكوين القرون وقبل الحصاد حللت عينات التربة للنتروجين الكلي وأملاح النترات والأمونيا وفيما يلي ملخصا لما وجده الباحثون :

١ — وجد أن التربة تحتوى عموما على كمية قليلة من النتروجين الغير عضوى سواء بعد محصول البرسيم أو القمح وتزداد ببطء في فترة الشراقى. وعندما كانت نسبة الرطوبة الكلية أقل من ١١٫٧ ٪ أخذت نسبة أملاح الأمونيوم في الزيادة عن أملاح النترات ، ولكن العكس حدث عندما كانت الرطوبة أكثر من ذلك .

٢ — كانت أملاح النتروجين الغير عضوية زائدة في أراضي الشراقى بعد محصول البرسيم عنها بعد محصول القمح .

٣ — وجد أن ري أراضي الشراقى يزيد من أملاح النتروجين الغير عضوية .

٤ — عندما تركت الأرض شراقى (فترة ثانية) إلى المحصول الشتوى لم يشاهد أي زيادة تذكر في أملاح النتروجين الغير عضوية عن المتكونة في الفترة الأولى .

٥ — توالى ري أراضي الشراقى يسبب تسرب النترات إلى أعماق غائرة بسبب الرشح أو قد يحفظ أملاح النتروجين في مستوى ثابت تقريبا .

٦ — الذرة يزيل أملاح النتروجين المعدنية في التربة .

٧ — أملاح النتروجين المعدنية الموجودة بالتربة تحت الفول تزداد زيادة مطردة حتى فترة التزهير ثم تأخذ في الانخفاض حتى الحصاد ، وعادة تكون الزيادة ملحوظة عندما تكون التربة فقيرة في أملاح النتروجين أي بعد الذرة النيلي

التعاون والتضاد بين ميكروبات التربة الزراعية

Associative and Antagonistic effects of Soil Microorganisms

تعيش الميكروبات فى التربة الزراعية لا كمزارع نقية ، ولكن تعيش مختلطة مع بعضها البعض ، ففى كل جزء من التربة نجد عدة أنواع من هذه الميكروبات ، وتعتمد هذه الميكروبات على بعضها فى تحليل المواد العضوية الصعبة التحلل فينتج عن هذا مواد عضوية بسيطة تستفيد منها ميكروبات أخرى وهكذا .

بعض الميكروبات تفرز مواد توقف نمو ميكروبات أخرى ، وهذه المواد تسمى مواد ميكروبية مضادة الميكروبات Antibiotics. ولقد استغل الإنسان هذه المواد لغرض العلاج ، وكان لاكتشاف فلمنج Fleming للبنسلين أثر عظيم فى علاج كثير من الأمراض ، وتبع ذلك عدة اكتشافات أخرى المواد المضادة مثل الاستربتوميسين والإروميسين والتراميسين والستلين وغيرها . وتستعمل هذه المواد المضادة فى علاج أمراض الإنسان والحيوان والنبات الفتاكة التى تسببها البكتريا المرضية .

ومما يشاهد فى التعاون بين بعض الميكروبات وبعضها الآتى :

١ — تأثير الميكروبات الهوائية فى نمو الميكروبات اللاهوائية وذلك باستهلاك الأولى للأوكسوجين .

٢ — تحضير غذاء خاص بواسطة نوع ما من البكتريا والذى يفيد نوع آخر ، ومثال ذلك الميكروبات التى تحلل البروتينات إلى أمونيا ، وهذه هامة لميكروب النتروزوموناس التى تؤكسدها إلى ن ا$_{٢}$ ، وهذه هامة للنيتروبكتر التى تؤكسدها إلى ن ا$_{٣}$.

كذلك الميكروبات المحللة للبروتينات Proteolytic فهى تحلل

البروتينات إلى أحماض أمينية ، وهذه تفيد أنواع خاصة من البكتريا ذات التغذية المعقدة وكذلك الأنواع التى ليس لها القدرة على تحلل البروتينات باستعمالها كمصدر للأزوت .

والميكروبات التى تحلل السليلوز معطية أحماض عضوية ، وهذه تفيد كثيراً الميكروبات التى لا تستطيع أن تحلل السليلوز مثل الأزوتوبكتر التى تستعمل هذه الأحماض للحصول منها على الطاقة اللازمة لها وتثبت أزوت الهواء الجوى .

٣ — تكوين المواد المنشطة للنمو Growth Promoting Substance مثل الفيتامينات بواسطة أنواع خاصة من البكتريا وهذه الفيتامينات مهمة جداً لنمو أنواع أخرى من البكتريا .

٤ — تقوم بعض الميكروبات بإفراز مواد تالفة خاصة ، وهذه سامة لبعض الميكروبات الأخرى ، ولكن تستطيع بعض الميكروبات أن تمثل وتحلل هذه المواد السامة وبذلك تفسح المجال للميكروبات الأخرى التى تتأثر بهذه المواد السامة من النمو والتكاثر .

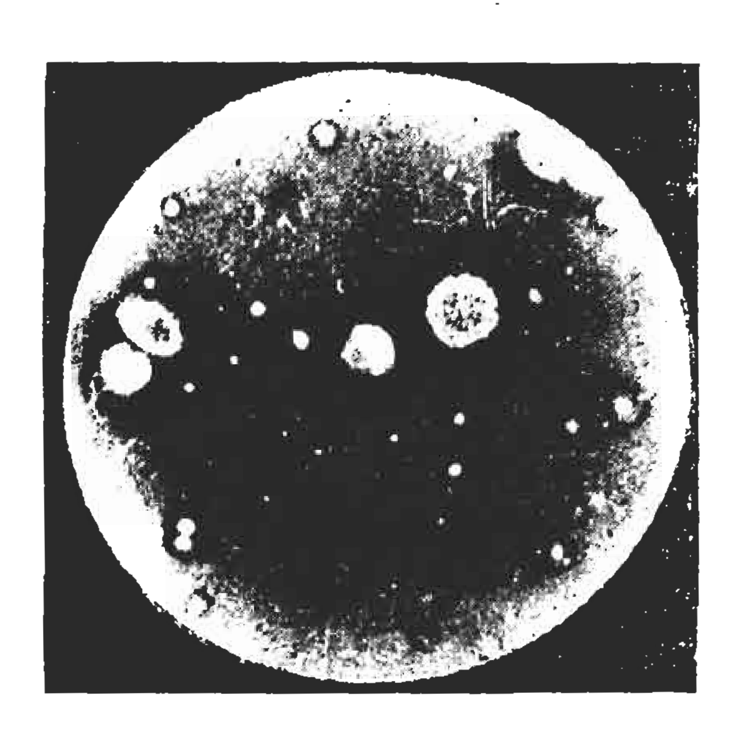
٥ — تعتمد بعض الميكروبات على غيرها اعتماداً كبيراً حتى أصبح هذا التعاون قوياً لدرجة تبادل المنفعة Symbiosis ، ومن أمثلة ذلك الطحالب التى تمد الأزوتوبكتر بالمواد الكربوايدراتية اللازمة للحصول على الطاقة ، أما الأزوتوبكتر فتمد هذه الطحالب بالمواد الأزوتية بتثبيت نتروجين الهواء الجوى، كذلك العلاقة بين النباتات البقولية وبكتريا العقد الجذرية، كذلك الميكوريزا وجذور أشجار الصنوبر ، وكذا الحشرات والبكتريا والفطر والحشرات والأكتينوميسيس وهذه تعطى الحشرات المواد المنشطة للنمو والحشرة تمد الميكروب بما يحتاجه من غذاء . كذلك الميكروبات التى تعيش فى كرش الحيوان المجتر . . الخ .

التضاد Antagonism :

والتضاد يمثل بصورة واضحة أيضاً بين ميكروبات التربة الزراعية ، ومعناه أن ميكروباً ما يستطيع أن يوقف نشاط ميكروب آخر سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة .

وفيما يلي صور التضاد التي تشاهد بين ميكروبات التربة الزراعية :

١ — التنافس بين الميكروبات على المواد الغذائية . وهذا قد يحدث بين ميكروبات من نوع واحد ، أو بين ميكروبات تتبع مجاميع مختلفة مثل البكتريا والفطر أو الفطر والأكتنوميسيس .



(شكل ٥٠)
التضاد بين بكتريا وبكتريا وبين فطر وبكتريا

٢ — إيجاد أو إحداث ظروف ضارة ببعض الميكروبات الأخرى مثل جعل الوسط (البيئة) حامضية التأثير كالبكتريا التي تؤكسد الكبريت أو الأمونيا منتجة لحامض الكبريتيك أو حامض الأزوتيك أو البكتريا المكونة للأحماض العضوية مثل حامض الستريك والإكساليك والفورميك والبيوتريك واللكتيك وغيرها من الأحماض .

وهذه الأحماض تخفض رقم pH ، وهذا غير مناسب لنمو كثير من الميكروبات، وعلى هذا تجب معادلتها.

٣ — إفراز ميكروبات لمواد خاصة مثل الكحولات والكينونات والمواد الميكروبية المضادة للميكروبات ، التى تؤثر تأثيراً ضاراً على نمو ونشاط الميكروبات الأخرى ، وكذا السموم وتسمى توكسينات التربة Soil Toxins ، وبعض هذ المواد مازال تركيبها مجهولا .

٤ — تطفل بعض الميكروبات على الأخرى مثل الفطر والبكتريا على الحشرات الضارة اقتصادياً . والفيروسات على البكتريا .

٥ — تتغذى بعض الكائنات على بعضها البعض مثل البروتوزوا التى تتغذى على البكتريا . وتتغذى الحشرات على الفطريات والنماتود على بعضها البعض .

كثير من الميكروبات يمكنها أن تفرز مواد تضر بنموها وتسمى isoantagonistic ، أو الميكروبات الأخرى التى توجد فى نطاق نموها heteroantagonistic

ويمكن ملاحظة ذلك عند عزل الكائنات الحية الدقيقة من التربة الزراعية على بيئة مغذية مثل بيئة الآجار المغذى مثلا ، فيلاحظ هذا التضاد واضحاً حول مجاميع كثيرة من البكتريا أو الفطر أو الاكتينوميسيس، ويرجع التضاد إلى أن البكتريا مثلا قد تنتج حامض لكتيك وبيوتريك، والفطر ينتج حامض الستريك والجلوكونيك. وبعض الفطريات الأخرى تنتج حامض فيوماريك وحامض لكتيك . كذا تنتج البكتريا والخميرة كحولات مختلفة ، كذا تنتج الفطريات فينولات وكينونات quinones

وهذه المواد عموماً وغيرها من المواد المعقدة التركيب والغير معروف

تركيبها على وجه الدقة يطلق عليها جميعاً كلمات سامة Toxic أو مميتة lethal أو محبطة للنمو growth-inhibiting وحديثا أطلق عليها antibiotics أى مضادات الحيوية ، وهذه جميعاً مواد ناتجة عن عملية التمثيل تكونت بواسطة الميكروبات لتحميها وتساعدها على البقاء .

التوازن الميكروبى : Microbial equilibrium

أن الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى التربة ليست ثابتة فى العدد أو النوع دائما ولكنها فى تغيير مستمر ، فأحيانا يزداد عددها وأحيانا أخرى يقل هذا العدد، وقد يزيد نوع عن آخر ثم يقل وهكذا، فالميكروبات فى اختلاف باستمرار ، فأى تغيير يطرأ على التربة أو الظروف المحيطة بها ينشأ عنه اختلاف فى عدد وأنواع الميكروبات بهذه التربة.وجدير بالذكر أن ميكروبات التربة تعتمد على بعضها البعض فى الحصول على غذائها . فالعلاقة الوثيقة بين ميكروبات التربة لا تمكننا فقط من دراسة الخواص البيئية لهذه الميكروبات تحت ظروف خاصة ، بل يتعداه أيضا لدراسة نواتج عمليات التمثيل الناتجة عن نشاط هذه الميكروبات، فبعض الميكروبات قد تفرز مواد ميكروبية مضادة للميكروبات قد تهلك أو تحبط نمو ميكروبات أخرى . وحيث أن الميكروبات التى تعيش فى التربة متعددة الأنواع وتعيش مجتمعة بكميات كبيرة وبطريقة معقدة لا تمكننا من دراستها وهى على حالتها فى التربة ، لذلك يعزل النوع الواحد ويدرس على حدة ، كما يدرس تأثيره على بعض الأنواع الأخرى ، فمثلا تدرس العلاقة بين الميكروبات الغير متجرثمة فى التربة والبكتريا المتجرثمة مثلا ، وكذا العلاقة بين الاكتينوميستس والبكتريا ، والفطريات وبعض أنواع من الفطريات الأخرى ، وكذا البكتريا المرضية والغير المرضية وكذا البروتوزوا والبكتريا .

ولقد وجد Conn & Bright أنه إذا لقحت تربة معقمة غنية بالأسمدة بميكروبى Ps. fluorescens, B. cereus على التوالى، فإن الميكروب الأول يحبط نموه بينما ينمو الثانى بغزارة. ووجد Lewis أن ميكروب Ps. fluorescens يحبط نمو B. mycoides وغيره من البكتريا المتجرثمة والميكروبات الكرية Micrococous، ولكنه وجد أن Serretia marcesens, A. aerogenes تستطيع المقاومة لحد ما، ولكن الفطريات لا تتأثر أما الخيرة فإنها تحبط لدرجة محدودة، ولكن الاكتينوميسس كانت أكثر حساسية. ولقد أكد Lewis ما وجده الآخرون من أن المواد المهلكة للبكتريا والمواد المحبطة للنمو هى التى تفرزها بعض البكتريا معتمدة على كمية الأوكسوجين التى فى متناولها، كما وجد أن هذه المواد لا تتأثر بالحرارة thermostable، ويمكن امتصاصها بواسطة الفحم الحيوانى والتربة.

تمكن Gerig-Smith من إثبات أن الاكتينوميسس تستطيع أن تفرز مواد سامة تؤثر على البكتريا، وعليه فإنها قد تملك العوامل التى تحد من نشاط البكتريا فى التربة. وبعض أنواع من الاكتينوميسس وجد أنها تحبط نمو البكتريا المتجرثمة، وكذا بكتريا S. pyogenes، ولكنها لا تؤثر فى Ps. aeruginosa، لأنه يستطيع أن يفرز Pyocyanase الذى يعتقد أنه يستطيع أن يحبط نمو كثير من الميكروبات.

والتضاد فى الميكروبات قد أولى عناية كبيرة كوسيلة من وسائل إحباط نمو أو إبادة البكتريا وغيرها من الكائنات الدقيقة التى تسبب أمراضا للإنسان والحيوان وكذ الفطريات والبكتريا التى تسبب أمراضا للنباتات. ولقد اقترحت عدة نظريات لشرح دوافع تضاد ميكروب لآخر وهذه النظريات يمكن تلخيصها فى الآتى:

١ — نفاذ المواد الغذائية فى البيئة أو فى المستخلص.

٢ — تغييرات كيماوية طبيعية فى البيئة من شأنها التأثير فى نشاط الآخر

وهذه تشمل التغير فى الضغط الأسموزى والجذب السطحى والتأثير وغيرها مثل
Oxidation — reduction potential

٣ — التضاد من أجل المكان Space antagonism وهى التنافس من أجل الحيز فى البيئة .

٤ — إفراز أنزيمات خاصة إما نتيجة لظروف التضاد نفسها أو كنتيجة لتحلل الخلايا الميتة من تأثير التضاد وهذه الانزيمات لها القدرة على تحليل وإذابة خلايا كائنات أخرى .

٥ — إبادة أحياء دقيقة لبعضها مثل إبادة البروتوزوا للبكتريا ، أو تطفل ميكروبات على بعضها .

٦ — إنتاج وإفراز مواد خاصة بواسطة ميكروبات معينة ، وهذه لها قدرة إحباط نمو وأهلاك بكتريا معينة أو إحباط نمو وإهلاك فطريات معينة Fungistatic and fungicidal أو كليهما ، وتسمى هذه المواد مضادات حيوية Antibiotics .

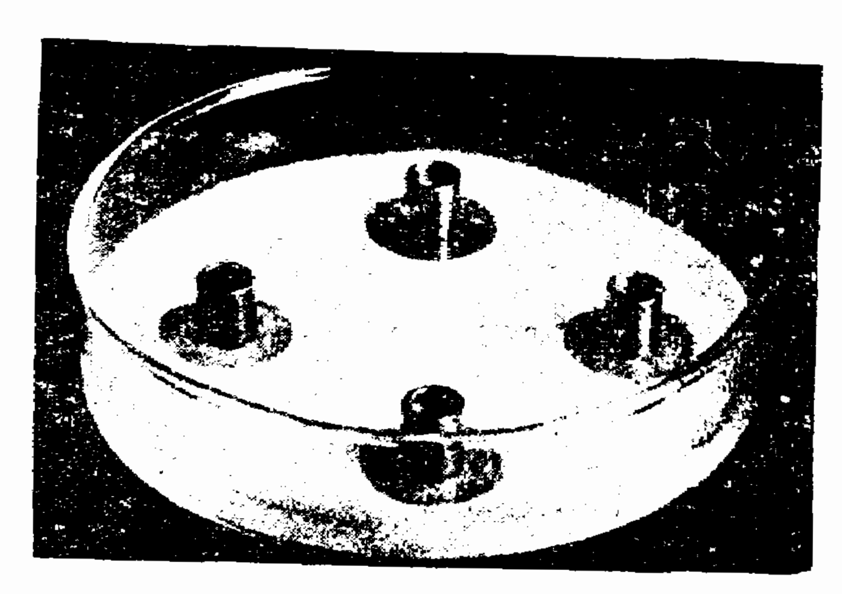
من هذه النظريات المذكورة نرى أن الإثنين الأخيرين يستحقان الاهتمام من ناحية العمليات الميكروبيولوجية التى تحدث بالتربة وتأثيرها على نمو النباتات .

تحضير المواد الميكروبية المضادة للميكروبات

Production of Antibiotic Substances by Microrganisms

لقد أثار موضوع مضادات الحيوية الأهتمام الكبير فى السنين القليلة الماضية نظراً لاستعمالها فى الأغراض الطبية . وتستخرج هذه المواد من ميكروبات التربة ، وهى تقسم عادة على أساس الميكروبات التى تنتجها فمثلا البنسلين والاستربتوميسين والاكتينوميسين ، أو على أساس الميكروبات التى تتأثر بها مثل Mycocidin ، أو على أساس التركيب الكيماوى مثل Chloramphenicol . وهى تختلف

عموما فى الخواص الكيماوية وسميتها للحيوانات، كما يختلف تأثيرها فى الأطباق vitro عن تأثيرها فى الحيوان vivo



(شكل ٥١)
Plate cylinder method
طريقة الاسطوانات لتقدير المضادات الحيوية

وجد أن العديد من الميكروبات المعزولة من التربة لها القدرة على إنتاج مضادات الحيوية فمثلا وجد من الأكتنوميسس الذى أختبر حوالى ١٠ — ٥٠ ٪ له هذه الخاصية، كما وجد أيضا أن الميكروبات المتجرثمة والميكروبات الغير المتجرثمة تستطيع أن تنتج مضادات الحيوية، ومن هذه المضادات التى تفرزها الميكروبات المتجرثمة الآتى :—

Tyrothricin, Subtilin, and Polymyxin.

أما المضادات التى تفرزها الميكروبات الغير متجرثمة فتشمل:

Pyocyanase, pyocyanin, prodigiosin, nisin and colicines.

والكثير من فطريات التربة قد أنتجت العديد من مضادات الحيوية، وأهمها وأكثرها إنتشارا البنسلين والمضادات الأخرى تشمل:

mycophenolic acid, clavacin, gladiolic acid, chetomin, penicillic acid, and fumigacin وغيرها أما الاكتينوميسس فقد انتجت حوالى ٧٠ مضاد حيوى وأهمها وأكثرها شيوعا streptomycin, chloramphenicol, aureomycin, terramycin and neomycin.

ولقد استعملت بكثرة فى كثير من الأغراض الطبية ، أما المضادات الاخرى فهى actinomycin, streptothricin, actidione, streptocin, xantomycin, viomycin, antimycin, fungicidin and fradicin.

وحيث أن الميكروبات التى تفرز المواد الميكروبية المضادة للميكروبات بطبيعتها ميكروبات تربة ، لجدير بنا أن نسأل عن أهمية هذه المواد فى العمليات البيولوجية التى تحدث بالتربة. فلقد وجد مثلاً أن بعض البكتريا ذات التأثير المفيد والاخرى ذات التأثير الضار تتأثر بالمواد الميكروبية المذكورة، ومن النوع الاول مثلا بكتريا العقد الجذرية والازوتوبكتر ومن النوع الثانى البكتريا التى تسبب أمراضا بالنباتات .

فيما يختص بالمواد الميكروبية المضادة للميكروبات فى التربة وموضوعها فى التربة قد أثار احتمالات عديدة ، فالبعض يعتقد أنه ليس لها تأثير يذكر على حيوية التربة وفيما يلى الاسباب التى تعزز هذا الرأى :

١ ـ يتوقف افراز الميكروبات للمواد المضادة على وجود مواد غذائية خاصة وهذه عادة لا توجد بالتربة العادية

٢ ـ الكثير من هذه المواد يتحلل بواسطة ميكروبات التربة .

٣ ـ ميكروبات التربة التى تتعرض لفعل المواد الميكروبية غالبا ما تنتج سلالات تقاومها بسرعة (طفرات) .

٤ ـ استمرار وجود الأنواع المختلفة من الميكروبات فى التربة يدل على أنها لا تتأثر بهذه المواد أو أن قدرتها ونشاطها لا يتأثر بها .

وعلى عكس الآراء المتقدمة الذكر يعتقد البعض أنه تحت ظروف خاصة فان المواد الميكروبية المضادة للميكروبات تلعب دوراً فى العمليات التى تحدث بالتربة وفيما يلى الأسباب التى تعزز ذلك : ـ

١ ـ وجود كميات ضئيلة من هذه المواد فى التربة .

٢ ـ إفراز المواد بواسطة مزارع نقية من الميكروبات فى تربة معقمة

٣ ـ احتفاظ بعض المواد بخواصها بعد إضافتها للتربة .

٤ ـ قدرة كثير من ميكروبات التربة على إحباط نمو كثير من الميكروبات الممرضة للنبات .

٥ ـ وجد أن إضافة الأسمدة البلدية والأسمدة العضوية والخضراء وغيرها له تأثير كبير في مقاومة كثير من الميكروبات الممرضة للنبات ، ويرجع ذلك إلى أن هذه الأسمدة تشجع نمو الميكروبات التي تفرز هذه المواد . فلقد وجد بعض الباحثين أن تلقيح التربة بميكروبات تفرز مضادات الحيوية ينتج عنه إحباط نمو الميكروبات المرضية .

ولقد ثبت وجود مواد سامة للنبات في التربة الزراعية ولم يعرف بعد إذا كانت هذه المواد لها علاقة بالمواد الميكروبية المضادة للميكروبات ، ولكن من المعروف أن بعضها مثل Actinomycin & glutionsin لها القدرة على إحداث أمراض خاصة بالنبات مثل تجعد القمة . ولكن كل هذه الحقائق لم يتأكد منها بدرجة كافية لكي نجزم بفوائد هذه المواد بالتربة أو الميكروبات التي تفرزها في معالجة خصب الارض .

الباب الثانى عشر

الطرق المتبعة فى مقاومة أمراض النباتات

تنقسم الطرق المتبعة عادة لمقاومة الميكربات الضارة بالنباتات فى التربة الزراعية إلى خمسة أقسام هامة وهى :-

١ — إتباع دورة زراعية مناسبة ، إذ أن أن زراعة النبات أو النباتات التى تتبع عائلة واحدة من شأنه تكاثر وازدياد الميكروبات المتطفلة عليها ، لذلك يتبع دورة زراعية مناسبة . كما قد يستعمل عادة الأصناف المنيعة للأمراض .

٢ — تغيير الخواص الطبيعية للتربة الزراعية ، مثل إحداث تغيير فى حموضة التربة ،وإضافة مواد عضوية ، واستعمال أسمدة ومواد مخصبة خاصة.

٣ — التعقيم الجزئى للتربة .

٤ — استعمال مواد كيماوية لإهلاك الميكروبات الضارة بالتربة .

٥ — اتباع طريقة المقاومة البيولوجية وذلك بتلقيح التربة بميكروب أو ميكروبات تهلك الميكروبات المرضية ·

وسنتكلم على كل واحدة مما ذكر :

١ — اتباع دورة زراعية مناسبة Crop Rotation

من المعروف أن الميكروبات المرضية تستطيع أن تكمن فى التربة الزراعية لعدة سنين، بل ان بعضها يستطيع أن يعيش بالتربة معيشة ترمية ، فإذا وجدت العائل الملائم انقلبت إلى الحالة التطفلية ، لذلك فاستعمال دورة

زراعية طويلة المدى قد تبلغ فى بعض الأحيان ٥ - ٦ سنوات من شأنه تقليل الإصابة بالأمراض مثال ذلك مرض Club root للنباتات الصليبية والنماتود لبنجر السكر .

٣ — تغير الخواص الطبيعية والكيماوية للتربة

Physical and chemical method of soil treatment

من أهم الوسائل المتبعة لمقاومة الميكروبات الممرضة للنباتات تعديل حموضة التربة ، وذلك باستعمال مواد كيماوية من شأنها تعديل حموضه التربة إلى القلوية مثل الجير ، أو إلى الحامضية مثل إضافة الكبريت أو كبريتات الامونيوم أو الأحماض المعدنية إلى التربة ذات الرقم الأيدروجينى ٥ر٩ أو أعلى من ذلك ، ويمكن القول أن كمية الحامض أو الكبريت المضافة للتربة تتوقف على الرقم الايدروجينى وعلى مقدار ماتحتويه التربة من مواد منظمة . ومن الجدير بالذكر أن تأثير الكبريت فى مقاومة مرض البطاطس المسمى wart disease لا يعتمد فقط على الحموضة التى يحدثها الكبريت فى التربة ، ولكن على تأثير الكبريت نفسه على الميكروب المسبب ، وربما يرجع ذلك إلى تأثير حامض الثيوكبريتيك thiosulfuric acid الذى يتكون عند إبتداء أكسدة الكبريت .

كذلك عند مقاومة جرب البطاطس Potato scab وكذا أمراض البطاطا فان الكبريت يلعب دوراً هاما فى مقاومة أمراضها . وإضافة الجير والأسمدة العضوية التى من شأنها أن تقلل من حموضة التربة تشجع على الإصابة بالجرب ، بينما إضافة الأسمدة الحامضية مثل أسمدة حامض الفوسفوريك التى تزيد من حموضة التربة تقلل من الإصابة بالجرب . ولقد وجد Millard أن الأسمدة الخضراء تقلل أيضا من الإصابة بهذا المرض ، وهذا غالبا يرجع إلى الزيادة فى حموضة التربة نتيجة لتحلل المواد العضوية بواسطة ميكروبات التربة وكذا لزيادة الرطوبة . فمرض الجرب العادى للبطاطس يزداد وضوحا فى المحصول

فى فصول الجفاف وذلك لأن الأســـتربتوميسيس المسبب لاينشط فى الأراضى الرطبة .

٣ — التعقيم الـكلى أو الجزئى للتربة :

Soil sterilization and partial sterilization

وهى طريقة متبعة منذ قديم الزمن ، وكانت تجرى بواسطة حرق الحقول والغابات ، ويعتقد الـكاتبان أن حرق بقايا أوراق القصب (السفير) فى صعيد مصر هى إحدى الطرق البدائية للتعقيم الجزئى للتربة. والآن تتبع طرق حديثة فقد تعقم التربة تعقيما كلياً أو جزئياً ، وفى الحالة الأخيرة فإن جميع الميكروبات لاتقتل. والتعقيم الـكلى للتربة غير متيسر لا فى الحقل فقط ولـكن أيضا فى الصوبات الزجاجية ، لأن التربة لاتلبث أن تلوث ثانية بالميـكروبات ، علاوة على أن هذا النوع من التعقيم غير مرغوب فيه لأنه ضار بالتربة الزراعية . وقد يجرى التعقيم الـكلى فى التجارب المعملية فقط لمعرفة خواص ميكروب ما والتفاعلات التى يحدثها فى التربة فى صورة مزرعة نقية . ولـكى يجرى تعقيم التربة فإننا نضعها عادة فى وعاء زجاجى أو فخار مسدود المسام وتوضع فى الأتوكلاف على ضغط قدره ١٥ — ٢٠ رطل لمدة ٢ — ٣ ساعات ، أو باستعمال طريقة التعقيم المتقطع فى جهاز أرنولد لمدة ١ — ٢ ساعة يوميا ولفترة قدرها ستة أيام متعاقبة ، ولابد من التأكد بعد ذلك من صحة تعقيم هذه التربة وذلك بزرع جزء منها فى بيئة مناسبة .

تعقم التربة تعقيما جزئيا وذلك لقتل كثير من الحشرات والفطريات والبـكتريا الضارة والممرضة للنبات ، وتستعمل الحرارة عادة لهذا الغرض سواء أكانت حرارة جافة أو حرارة رطبة باستعمال البخار (٩٧ — ١٠٠ م). وقد تستعمل مواد كيماوية مثل المواد المطهرة الطيارة مثل ثانى كبريتور الـكربون أو الفورمالدهيد أو حامض الأيدروسيانيك أو الطلوين ،

Volatile antiseptics :
Carbon bisulfide, toluol, formaldehyde and hydrocyanic acid

أو مواد مطهرة غير طيارة مثل الفينول أو الـكريزول أو الـكلوروبكرين .

Nonvolatile antiseptics :
Phenol, cresol and chloropicrin

وهذه المواد المطهرة عموما لا تتراكم فى التربة حيث أنها إما تفقد بواسطة التطاير أو التحلل بواسطة ميكروبات التربة .

وهذه الكيماويات لها تأثير خاص على ميكروبات التربة ، وغالباً ما تؤثر على الفطريات والبرتوزوا وبعض أنواع من البكتريا مثل بكتريا التأزت ولكن الكثير من البكتريا تستطيع أن تقاوم تأثير الكيماويات ، ولو أنها تحد من نشاطها مبدئياً فانها لا تلبث أن تتكاثر سريعا بمجرد زوال هذه الكمية، ونتيجة لهذا التكاثر السريع للبكتريا فإن المواد العضوية التى بالتربة تتحلل سريعا ، وبالتالى تتكون كمية كبيرة من الأمونيا التى تستعمل بواسطة النبات مسببة نمواً خضرياً كبيراً . وعلى ذلك يمكن القول أن التعقيم الجزئى للتربة يشبه فى مفعوله التسميد بالمواد الآزوتية . ويلاحظ بعد معاملة التربة بالمطهرات الكيماوية أو بالحرارة أن عدد البكتريا التى تحتويها تنخفض انخفاضا كبيراً ، ثم يعقب ذلك زيادة هائلة فى عددها ربما تصل إلى مستوى أعلى مما كانت عليه ، ويترتب على ذلك انخفاض أولى فى تكوين النشادر وثانى أكسيد الكربون أولا ثم يعقب ذلك زيادة فى تكوين النشادر وثانى أكسيد الكربون تبعا لنمو وتكاثر البكتريا .

وتوجد كثير من النظريات التى تفسر تأثير التعقيم الجزئى فى زيادة خصوبة التربة الزراعية ، فالبعض يعتقد أن إضافة المواد المطهرة بنسبة بسيطة إلى التربة الزراعية يؤثر تأثيراً مباشراً فى ازدياد نشاط الميكروبات فى التربة وعلى جذور النباتات . والبعض الآخر يعتقد أن تكوسينات Soil Toxins التربة تهلك بهذه المعاملة. وآخرون يحبذون هذه المعاملة لأنها تقتل الميكروبات الممرضة للنباتات كذلك البروتوزوا التى تعتبر من أعداء البكتريا ، فتتكاثر الأخيرة دون عائق .

ويعتقد الكاتبان أن التعقيم الجزئى للتربة يحدث فى الأراضى المصرية وكذا أراضى المناطق الاستوائية عن طريق غير مباشر ،وذلك فى فصل الصيف

خصوصا فى أراضى الشراقى حيث ترتفع درجة حرارة التربة إلى ٦٠ °م أو أكثر، وهذا يسبب موت كثير من الكائنات الحية الدقيقة، ولقد سبقت الإشارة إلى ذلك .

ومن الجدير بالذكر أن الميكروبات العصوية المتجرثمة سواء الهوائية أو اللاهوائية مثل Genus Bacillus & Genus Clostridium تقاوم فعل التعقيم الجزئى، وتزداد كمية النشادر فى التربة بعد تعقيمها لتحلل المواد العضوية وبقايا الميكروبات الميتة إلى أمونيا ، التى لاتتحول إلى نتريت ثم نيترات نظراً لهلاك بكتريا التأزت بالتعقيم الجزئى، لذلك لابد من إضافة فوسفات البوتاسيوم بكميات كبيرة لتثبت النشادر بالتربة فتحول دون التطاير، ويمكن إجراء ذلك أيضاً بواسطة غمر التربة بالمياه Flooding .

وتشجع المطهرات المستعملة فى تعقيم التربة جزئيا نمو الميكروبات التى تستطيع تحليلها، فمثلا الفينول أو الفورمالدهيد قد تشجعان نمو أنواع خاصة من الاكتينوميسيس التى تستطيع أن تحللهما، وذلك لايقلل من أهمية إستعمالها فى التعقيم حيث تقتل كثيراً من الميكروبات المتطفلة . وتمكث التربة سليمة لمدة تتراوح بين ٢ ـ ٣ سنوات.

٤ ـ استعمال مواد كيماوية خاصة :

Use of special chemicals for treatment of soil

تستعمل بعض المواد الكيماوية لمقاومة الأمراض الفطرية والنماتود فى التربة الزراعية . ويستعمل الفورمالدهيد فى هذا الغرض وذلك بأن تشبع التربة به وذلك لمقاومة كثير من الفطريات. وتركيز الفورمالدهيد المستعمل (٠,٠٤٥٪ ـ ٠,٠٥٪) يعطى نتائج حسنة لمقاومة نماتود بنجر السكر . وقد يستعمل الفورمالين بعد إستعمال البترول الخام لمقاومة Potato wart كما يستعمل كلورور الزئبقيك وغيره من المواد الكيماوية المطهرة لمقاومة كثير

من الأمراض . واستعمال كلورالزئبقيك بمعدل $\frac{١}{١٠٠٠}$ أو $\frac{١}{٢٠٠٠}$ كان له تأثير كبير فى مقاومة كثير من أمراض الذبول damping-off وغيرها من الأمراض بالتربة .

وفى الصين تعامل التربة بواسطة الرماد المخلوط بالزرنيخ لقتل الحشرات والديدان . ويستعمل أيضا حامض الخليك بنسبة ١ر٢٪ قبل الزراعة بعشرة أيام لقتل الفطريات المسببة لمرض الذبول .

وتستعمل فى بعض الأحيان المهلكات الفطرية Fungicides والمطهرات الطيارة لقتل الفطريات المتطفلة، ويستعمل أيضا ثانى كبريتور الكربون بنجاح فى قتل الفطريات المرضية ، وعادة تستعمل هذه المهلكات عندما تكون التربة خالية من النباتات لكى لاتضربها .

وعند تعقيم التربة فان كثيرا من الفطريات والحشرات المتطفلة تقتل ، ولكن إذا وجد بعد ذلك أحد هذه الفطريات المتطفلة طريقه إلى هذه التربة المعقمة فإنه ينمو بشدة ويصيب كثيرا من النباتات نظراً لتكاثره الشديد فى التربة .

٥ — تلقيح التربة Use of soil inoculation :

لم تدرس بعد طرق المقاومة البيولوجية للميكروبات والحشرات المتطفلة على النباتات الاقتصادية دراسة كافية ولو أنه من المعروف أن الطيور وغيرها من الحيوانات الراقية وكذلك الحشرات تتغذى أحيانا على بعض الحشرات والديدان الضارة بالمحاصيل . وقد يستعمل فى مقاومة الحشرات الضارة الفطر والبكتريا التى تستطيع أن تتطفل عليها ، وخاصية التضاد يمكن إدراجها أيضا تحت هذا العنوان .

بذلت محاولات عديدة لتلقيح التربة الزراعية بميكروبات تفرز مضادات الحيوية ، وذلك لمقاومة كثير من الميكروبات المرضية . ولكن فى كثير من الحالات ثبت فشل هذه المحاولات لأسباب سبق ذكرها ، ويعزى هذا الفشل إلى عدم توفر الظروف التى تجعل من التربة بيئة مناسبة لنمو هذه الميكروبات الملقحة ، الأمر الذى يسبب موتها . لذلك يجب أن يوفر للميكروب الملقح الغذاء الكافى والظروف الأخرى التى تلائم معيشته . ويمكن إحداث ذلك بتسميد التربة بالأسمدة الخضراء أو بإضافة الأسمدة العضوية كسماد الأسطبل مثلا ، وهذه قد تشجع نمو الميكروب الملقح والذى قد يحبط نمو الميكروبات المرضية عن طريق مباشر أو غير مباشر .

الباب الثالث عشر

ميكروبيولوجيا مياه المجارى

Microbiology of Sewage

المجارى هى المياه المستعملة فى المنازل والمصانع مختلطة ببقايا (فضلات) الإنسان والحيوان والمصانع وغيرها . تحتوى مواد عضوية ومعدنية وهذه المواد تعمل كغذاء للميكروبات ولو أن بعض بقايا المصانع تحتوى أحيانا على المواد الكيماوية القاتلة للميكروبات ولكن البقــايا الأخرى حافظة للميكروبات . والمجارى تحتوى عادة على البقايا الآتية :

السليولوز ـ النشا ـ الدهون ـ البروتينات ـ اليوريا ـ أملاح الأمونيوم وكذا الميكروبات ، حية أوميتة وغيرها . وتختلف هذه البقايا من مدينة إلى أخرى حسب الصناعة الموجودة بالمدينة . . . الخ .

ويتراوح عدد الميكروبات بين ٥٠٠,٠٠٠ ــ ٢٠ مليون فى كل سم مكعب

أنواع الميكروبات :

١ ــ معظمها بكتريا الأمعاء Intestinal bacteria

٢ ــ قليل من بكتريا التربة والماء .

كذا يوجد بها بعض الميكروبات المرضيـــة وغير المرضية كذا الميكروبات الاوتوتروفية والمحبة للحرارة thermophilic والميزوفيلية والميكروبات المحبة للبرودة Psychrophiles

التأثير :

الرقم الأيدروجينى عادة من ٦ - ٨ر٥ بمتوسط ٧

الغازات :

توجد الغازات الآتية : يدم كب - ك ا٢ - ك يد٤ - ن يد٣ - يد٢

ويمكن القول عموما أن المجارى عبارة عن وسط مائى به بعض المواد العضوية والغير عضوية والميكروبات . وبعض هذه المواد العضوية فى الحالة الغروية يصعب ترسيبها أو ترشيحها ، وهذه المواد جميعها عموما تتحلل ببطء بفعل الميكروبات .

الغرض من معاملة المجارى :

١ — إزالة المواد العضوية من المجارى حتى لا تتسبب هذه المواد فى نمو الميكرويات الهتروتروفية ثم يتخلص من الماء الناتج من المجارى بعد ذلك فى بحر أو نهر أو محيط أو التربة نفسها . وبذا نتخلص من الرائحة الكريهة .

٢ — نتخلص من الميكروبات المرضية حتى لا تتسرب وتلوث مياه الشرب وتنتشر الأمراض بالوسائل المختلفة الأخرى .

٣ — استعمال البقايا كمخصبات زراعية وكذا محاولة استعمال السائل المتبقى بعد التخلص من المواد العضوية فى المزارع المائية لتغذية النباتات Hydroponics مثل الطحالب والنباتات المائية والجذرية .

الميكروبات المرضية الموجودة عادة بالمجارى هى :

ميكروبات حمى التيفود

Salmonella typhosa

Salmonella paratyphi

Salmonella enteritidis

ميكروب الدوسنتريا	Shigella dysenteriae
الكـــوليرا	Cholera vibrio
الدوسنتريا الأميبية	Entameba histolytica

ميكروبات غير مرضية أخرى مثل :

Pseudomonas	Proteus	E. coli
Cytophaga	Aerobacter	Yeast
Actinomycetes	Molds.	

إذا أجرى التخلص من مياه المجارى بدون معاملة، بإلقائها فى بحر أو نهر أو بركة أو محيط، فإن الميكروبات تحلل المواد العضوية إلى مواد معدنية ، فاذا كانت كمية مياه المجارى كبيرة (المدن الكبيرة) فإن الأوكسوجين الذائب فى المياه يقل بدرجة كبيرة نظراً لنشاط الميكروبات فى تحليل المواد العضوية واستهلاكها له، وفى هذه الحالة تقوم الميكروبات اللاهوائية والاختيارية بتخمير المواد العضوية ويتسبب عن ذلك روائح كريهة . كذلك ينتج عن نقص الاكسوجين فى المياه خسارة فادحة فى الثروة المائية، إذ تموت الأسماك والحيوانات المائية والطحالب، علاوة على تلوث المياه بالميكروبات المرضية التى تنقل إلى الإنسان عن طريق الشرب والإستحمام .

طرق معاملة مياه المجارى:

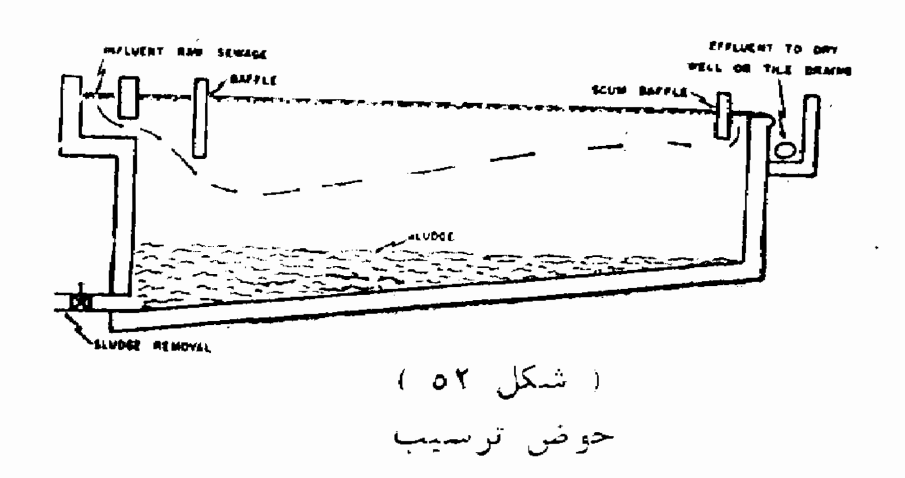
١ — الطريقة الكيمائية Chemical Systems

٢ — الطريقة البيولوجية Biological Systems

٣ — إلقاء مياه المجارى فى بحار أو أنهار .

١ — الطريقة الكيماوية :

يضاف إلى مياه المجارى مواد كيماوية التى ترسب المواد العضوية المعلقة والغروية، وذلك بأن توضع مياه المجارى فى أحواض واسعة وتسير ببطء من حوض إلى آخر،والماء المتبقى يصفى فى التربة أو بحر،أو يعامل بالطريقة البيولوجيةإذا ما كانت كميته كبيرة.وعادة تضاف المواد الكيماوية مثل الشبة أو أملاح الحديد ح كل٣ أو ح كب ا٤ مع إضافة الجير (كا ا)،وينتج عن ذلك تفاعل الجير مع أملاح الحديد أو الشبة ويتسبب عن ذلك ترسيب المواد العالقة وتكوين ح (ايد)٣ أو لو (ايد)٣،وهذه الطريقة مكلفة ويجب أن تجرى بدقة .



(شكل ٥٢)

حوض ترسيب

٢ — الطريقة البيولوجية

وفيها تقوم الميكروبات بالدور الكيماوى والطبيعى للتخلص من المواد العضوية والمتبع فى هذه الطريقة الآتى :

١ ـ أحواض الترسيب

Septic tanks or Sedimentation tanks

(ا) تصب مياه المجارى المتجمعة من المدينة فى أحواض ترسيب أولية لكى يترسب منها المواد الثقيلة كالزلط وقطع الصينى والرمال والصفيح وغيرها .

(ب) ثم تمرر المياه بعد ذلك على شبكة من الحديد لحجز ما قد يكون عالقاً بالسائل من أوراق وقطع قماش وتنظف هذه الشبكة من آن إلى آخر. ومنها إلى أحواض الترسيب الواسعة، وفيها ترسب المواد العالقة الكبيرة إلى القاع لتكوين ما يسمى Sludge ، ويطفو ريم على السطح يسمى Scum ، يكشط من آن إلى آخر بواسطة آلات خاصة، والأخير عبارة عن مواد دهنية غالباً وتضاف عادة إلى الراسب.

وتقوم الميكروبات بأكسدة المواد العضوية ثم بتخمرها، نظراً لقلة الأوكسوجين فى النهاية وينتج عن ذلك الغازات الآتية :

ك يد$_{٤}$ + ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ + يد$_{٢}$ كب

والمواد العضوية صعبة التحلل أما ترسب فى القاع أو تظل معلقة، وهذه تتحلل ببطء. تجمع الرواسب أو الحماة Sludge وتجفف وتطحن وتستعمل كسماد يعرف بسماد المجارى أما السائل (Effluent) فيكاد يخلو من المواد العضوية إلا قليلا . وذلك لتحلل وتخمر هذه المواد ويوجد فى هذا السائل الآتى :

أملاح الأمونيوم – أملاح الأحماض العضوية المختلفة – كحولات – يد$_{٢}$ كب – مركبات مختلفة ناتجة من عملية التحلل والتخمر ونسبة ضئيلة جداً من الأكسوجين .

٢ – إذا كانت كمية السائل قليلة فإنها تحول إلى التربة فتحلل هذه المواد التى به إلى الآتى :

الكربوايدرات تتحلل إلى ك ا$_{٢}$ + يد$_{٢}$ ا ، والبروتينات تتحلل إلى ن يد$_{٣}$ ثم إلى ن ا$_{٢}^{-}$ ثم إلى ن ا$_{٣}^{-}$ والكبريتورات تتأكسد إلى كب ا$_{٤}^{=}$.

ويجب أن يتم ذلك بعيداً عن مصادر الماء (الشرب والاستحمام) . ولو أن العدوى تكون بعيدة الاحتمال لأن السائل يكاد يخلو من بكتريا

الأمراض، نظراً لمرتها نتيجة للتفاعلات التى تحدث أو نتيجة لمضادات الحيوية التى تنشأ عن فعل الميكروبات .

٣ — أما إذا كانت كمية السائل كبيرة فإنها عادة تحتوى على كمية من المواد الصلبة العضوية العالقة بجوار المواد العضوية الذائبة، لذا فإن التخلص منها فى بحر أو نهر أو استخدامها فى رى الأراضى ما زال إجراء محفوف بالأخطار التى سبقت الإشارة إليها . وعلى ذلك يلجأ إلى أكسدة هذه المواد العضوية بالبكتريا الهوائية وذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين : —

(ا) معالجة السائل بالترشيح :

يحول السائل إلى أحواض تسمى Contact tanks ، أو أحواض تسمى Trickling tanks، وهى على أشكال مختلفة، تملأ بالتناوب ومزودة بمصادر مختلفة للتهوية باستمرار حتى تكون هناك كمية كبيرة من الأوكسوجين ، وهذه الأحواض مصممة لمعاملة كمية كبيرة من السائل ، وتحتوى على زلط أو أحجار أو طوب بأحجام مدرجة من أسفل إلى أعلى ، وهى مغطاه عادة بالأحياء الدقيقة التى تكون طبقة جيلاتينية فوقها تحتوى على ميكروبات أوتوتروفية وهتروتروفية وبروتوزوا . يسحب السائل ويترك فيها (فى أحواض Contact) . أو يرش عليها برشاشات أو نافورات (فى أحواض Trickling) لمدة قد تصل إلى أكثر من ١٢ ساعة، فيكتسب الاوكسوجين من الهواء ، وتقوم الميكروبات بأكسدة المواد العضوية ، إلى المواد السابق ذكرها فى (٢) ويعمل باستمرار على إزالة المواد العضوية المتراكمة خلال بعض طبقات الزلط .

(ب) معالجة السائل بحمأة منشطة :

وتتلخص هذه الطريقة فى تحويل المواد العضوية المعلقة بسائل المجارى إلى مواد مرسبة مع اكثار الميكروبات الهوائية على سطحها لأكسدتها .

لذلك يعتبر استمرار التقليب والتهوية بسائل المجارى فى أحواض التنشيط مع تزويده بجزء من حماة منشطة A mature activated sludge من الاهمية بمكان . وتتوقف مدة التهوية والتقليب على حسب الطريقة المتبعة فقد تصل إلى حوالى ٢٠ ساعة .

ويمكن الاشارة هنا إلى بعض الطرق المستعملة مثل :

I — تنشيط الحمأة بطريقة الهواء المضغوط :
Diffused air activated Sludge Process

وذلك بأن يضغط الهواء فى قاع أحواض التهوية . وقد يستخدم فيها أيضا عجلات غاطسة لتقليب الحوض آليا .

II — تنشيط الحمأة بطريقة شيفلد : Sheffield activated Sludge Process

وفيها يتم التقليب بعجلات تتحرك رأسية تشبه فى ذلك الساقية .

III — تنشيط الحمأة بطريقة سمبلكس : Simplex activated Sludge Process

وفيها يتم التقليب بعجلات تتحرك أفقيا

٤ — بعد هذه المعاملة يسحب السائل ويجمع فى أحواض ترسيب Settling tanks ، فترسب فيه باقى المواد العالقة التى تحول بدورها إلى أحواض تسمى Sludge digester. أما السائل فيتخلص منه بالصرف فى بحر أو نهر أو يستعمل فى رى مزرعة المجارى .

٥ — معالجة الرواسب أو الحمأة:

وذلك بتجفيفها أو بتخميرها .

تجفف الحمأة باحدى الطرق الآتية :

(١) التجفيف فى أحواض :

تنشر الحمأة فى أحواض خاصة فى طبقات سمكها من ٦ — ٩ سم وتترك

لتجف لمدة أربعة أيام . ثم توضع طبقة أخرى تغمر الطبقة الأولى ، فتبيد يرقات الذباب بالغرق ، ثم تترك أربعة أيام ، وتضاف طبقة ثالثة ، وهكذا حتى تصل سمك الطبقات حوالى ٣٠ سم، ثم تغطى الطبقة الأخيرة بالرمال وتغمر بمياه المجارى ، وتترك الأحواض لمدة شهر فترتفع درجة الحرارة بالحمأة نتيجة للتخمر ، فقد تصل إلى حوالى ٧٠°م . وهذه الدرجة كافية لقتل كثير من بويضات ويرقات والخلايا الخضرية لكثير من الميكروبات المرضية . تعزق بعـــد ذلك محتويات الأحواض وتطحن وتعد للتسويق .

(ب) التجفيف الصناعى :

قد تستعمل القوة المركزية الطاردة فى تجفيف الحمأه وذلك بطرد الماء منها . ثم يكمل تجفيفها فى أفران خاصة أو فى العراء . فى بعض دول أوروبا وأمريكا قد تضغط الحمأة المرسبة فى أجهزة خاصة لعملها قوالب تستعمل فى الحريق أو التسميد..

التخمير :

قد تجمع الرواسب (الحمأة) فى أحواض خاصة تسمى Sludge digestion tanks وفيها تخمر الحمأة لاهوائيا ، ومن ذلك تجمع الغازات الناتجة المحتوية على الميثان وأيدروجين وثانى أكسيد الكربون وأزوت. وهذه الأحواض خرسانية مقفلة . وعادة تجمع هذه الغازات فى خزانات كبيرة خاصة ، وتستعمل صناعيا فى الأضاءة والوقود لتشغيل الماكينات .

سماد المجارى :

توجد أنواع عديدة من سماد المجارى تختلف باختلاف الوسائل التى اتبعت فى استخلاص الرواسب أو الحمأة يذكر منها أبو الفضل (١٩٦٠) أربع أنواع وهى :

١ — سماد المجارى الخام Raw sludge : وهو ما ينتج من أحواض الترسيب الأولية

٢ — سماد المجارى المهضوم Digested sludge وهو ما ينتج من أحواض الترسيب اللاهوائية العميقة أو أحواض الهضم المنفصلة .

٣ — سماد المجارى المنشط Activated sludge وهو ما ينتج من أحواض تنشيط أوتهوية الحمأة .

٤ — سماد المجارى المنشط المهضوم Activated and Digested sludge وهو ما ينتج بعد معالجة الحمأة فى أحواض التنشيط أو التهوية ثم أحواض الهضم المنفصلة .

ويعتبر سماد المجارى المنشط المهضوم أحسنها فى القيمة السماوية أما السماد الخام فهو أقلها . والجدول (٣٠) يوضح التركيب الكيماوى لبعض أنواع سماد المجارى .

سماد البودريت :

يحضر من تجميع المواد البرازية الناتجة عن كسح المراحيض ، ونقلها إلى أحواض مكشوفة مع خلطها بالجبس الناعم أو بحامض الكبريتيك وذلك بغرض تثبيت النشادر ، ثم تترك لتجف وتعزق وتدق لتجهيزها للتسويق . وعادة يقسم هذا السماد حسب القيمة السمادية له إلى أقسام فمنها الـ Best يليها درجة أولى ، ثم درجة ثانية .

وتجدر الإشارة إلى أن هذا السماد أقل من سماد المجارى فى نسبة الأزوت ، إلا أنه يفوق سماد المجارى من حيث إحتوائه على أزوت البول الذى يثبت بالجبس أو بالحامض .

والجدول (٣١) يوضح التركيب الكيماوى للبودريت أما الجدول (٣٢) فيوضح التركيب الكيماوى للبول والبراز .

جدول (٣٠)
التركيب الكيميائى لبعض أنواع سماد المجارى (عن أبو الفضل ١٩٦٠)

نوع السماد	الرطوبة	مادة جافة %	مدة عضوية %	% رماد	أزوت كلى %	أزوت ذائب %	فو٢أ٥ %	بو٢أ %
أ ـ على أساس السماد الطازج :								
سماد مجارى خام+	٦٠	٤٠	٢٠	٢٠	٠ر٩	٠ر٠٥	٠ر٥	٠ر١
سماد مجارى مهضوم+ (أحواض تجفيف)	٤٨	٥٢	٢٣	٢٩	١ر٤	٠ر٠٦	٠ر١	٠ر٢
سماد مجارى مهضوم+ (أكوام)	٢٠	٨٠	٣٢	٤٨	٢ر٠	٠ر٢٦	٢ر١	٠ر٣
سماد مجارى الجبل الأصفر	٦	٩٤	٤٣	٥١	٢ر٤	—	١ر٠	١ر٠
ب ـ على أساس السماد التام الجاف (للمقارنة)								
سماد مجارى خام+	صفر	١٠٠	٥١	٤٩	٢ر٤	٠ر١٣	١ر٣	٠ر٣
سماد مجارى مهضوم+ (أحواض تجفيف)	صفر	١٠٠	٤٤	٥٦	٢ر٦	٠ر١٢	٢ر٢	٠ر٤
سماد مجارى مهضوم+ (أكوام)	صفر	١٠٠	٣٩	٦١	٢ر٤	٠ر٣٣	٢ر٦	٠ر٤
سماد مجارى الجبل الأصفر	صفر	١٠٠	٤٦	٥٤	٢ر٥	—	١ر٠٦	١ر٠٦

+ تحليلات أجنبية

جدول (٣١)

التركيب الكيماوى لانواع البودريت
(عن رياض)

	Best	درجة أولى	درجة ثانية
رطوبة ٪	٣—٨	٣ — ٨	٣ — ٨
مادة عضوية ٪	٤٠	٣٠	٢٢
أزوت كلى ٪	١ر٧	١ر٣	٠ر٥
حامض فوسفوريك	٢ر٥	١ر٥	١ر٠
بوتاسا ٪	٠ر٦	١ر٤	٠ر٣

جدول (٣٢)

التركيب الكيماوى للبراز والبول فى المائة
(عن علام)

	براز	بول
ماء	٧٧ر٢٠	٩٤ر٧٥
مادة جافة	٢٢ر٨٠	٥ر٢٥
مادة عضوية	١٩ر٤٠	٤٠ر٢٠
أزوت	١ر٦٠	١ر٠٠
مادة معدنية	٣ر٤٠	١ر٠٥
حامض فوسفوريك	١ر٢٣	٠ر١٥
بوتاسا	٠ر٥٥	٠ر١٨

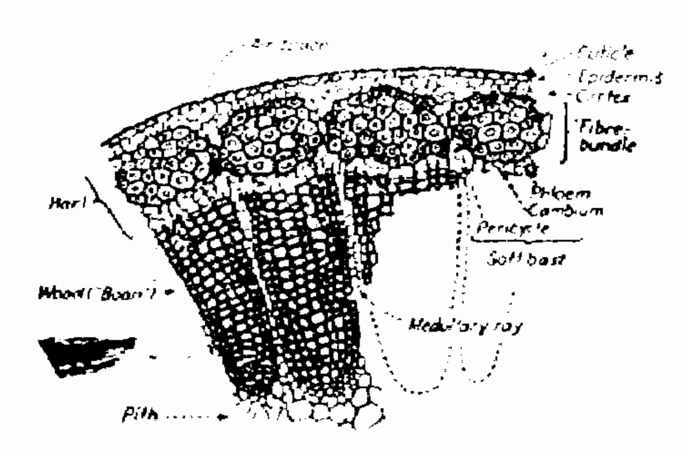
الباب الرابع عشر

بعض العمليات الميكروبيولوجية الصناعية فى المزارع

تعطين الكتان والقنب

Retting of Tlax and Hemp

تعطين الكتان والقنب من العمليات البكتريولوجية ذات الفوائد الاقتصادية ، حيث تستعمل الألياف الموجودة فى سوق نبات الكتان فى صناعة المنسوجات والخيوط ، أما الياف القنب فتستعمل فى صناعة الأحبال. وفى كلا النباتين تلتصق الألياف ببعضها بالخلايا الأخرى بواسطة البكتين وأملاح حامض البكتيك، وهذه الألياف عبارة عن سليولوز. ومن الصعب جداً فصل الألياف عن بعضها بالطرق الميكانيكية أو الكيماوية ، وعلاوة على صعوبتها فإن ذلك يؤدى إلى تمزيقها، الأمر الذى يسبب رداءة المنسوجات المصنوعة منها ،لذلك فإننا نلجأ إلى إذابة مادة البكتين التى تربط هذه الألياف



شكل (٥٣)
قطاع عرضى فى ساق الكتان

بعملية التعطين وتقوم بها أنواع من الميكروبات تفرز أنزيم البكتيناز الذى يذيب البكتين وبذلك يسهل فصل الألياف سليمة .

والتعطين Retting كلمة قديمة معناها « النقع فى الماء » . وتوجد ألياف الكتان عادة بين نسيج القشرة وبين الخشب ، فإذا كان التعطين قد أجرى على الوجه الأكمل فإن الألياف يسهل انتزاعهامن بين نسيج القشرةوالخشب حيث تذوب المادة اللاصقة لهذه الخلايا .

طرق تعطين الكتان :

قبل إجراء عملية التعطين تجهز النباتات عادة ، وذلك بنزع الثمار منها مع ترك النباتات الضعيفة والتى بها عيوب قد تؤثر فى جودة الألياف ، وتخزن النباتات إلى أن يحين تعطينها . وتختلف التغيرات الكيمائية التى تحدث أثناء التعطين باختلاف أنواع الميكروبات السائدة وطبيعة الماء المستعمل والنباتات المستعملة والطريقة المتبعة .

وتجرى عملية التعطين عادة بطريقتين رئيسيتين : اللاهوائية والهوائية.

والطريقة اللاهوائية تشمل غمس الكتان فى ماء جارى أو راكد ، ولقد أتبع المصريون القدماء (الفراعنة) هذه الطريقة منذ آلاف السنين ، وذلك بوضع الكتان فى ترع وقنوات النيل الخالد ، حيث يمر عليها تيار ماء بطىء دافىء . وتجرى هذه الطريقة أيضاً فى بلجيكا وألمانيا وهولندا . وفى إيطاليا وإيرلندا أستعملت المياه الراكدة مثل البحيرات والخزانات .

وتعطين الكتان بالطريقة الهوائية ينحصر فى نقع الكتان فى أحواض كبيرة مهواة أو بتركه فى الهواء الطلق للندى والأمطار. ومن الجدير بالذكر أن التعطين بالطريقة اللاهوائية يكون بفعل البكتريا عادة أما فى الطريقة الهوائية فتلعب الفطريات الدور الرئيسى .

ويتوقف إختيار الطريقة المناسبة للتعطين على عدة عوامل مثل المناخ ومورد المياه وكمية المحصول والنفقات وغيرها من العوامل. وسنتكلم فيما يلى عن طريقتى التعطين :

(ا) الطريقة اللاهوائية Anaerobic Retting :

تجرى هذه الطريقة بوضع الكتان فى ماء راكد أو فى ماء جارى بطىء أو فى أحواض خاصة معدة لهذا الغرض . وتترك النباتات لمدة معينة فتتخمر المواد البكتينية بتأثير أنواع خاصة من الميكروبات اللاهوائية . ويجب التخلص من الماء قبل أن يبدأ السليولوز فى التحلل . بعد ذلك تجفف النباتات ثم تفصل الألياف ميكانيكيا . وتتم عمليـــة التعطين فى الثلاث مراحل الآتية :

١ — المرحلة الطبيعية Physical Stage :

تمتص أنسجة سيقان النباتات الماء فى هذه المرحلة وتنتفخ. وتخرج منها المواد القابلة للذوبان. فتنشط البكتريا، وتتكسر الأجزاء الخشبية، بينما تتصاعد الغازات من أنسجة السيقان. وتبلغ نسبة المواد القابلة للذوبان التى تستخلص من السيقان حوالى ١٢ ٪ من الوزن الكلى، وتشمل السكريات جليكوزيدات وتنينات ومواد ملونة ومواد نيتروجينية وهذه تشجع نمو البكتريا، وكمياتها تؤثر تأثيراً كبيراً فى طول أو قصر مدة التعطين وبذلك يصبح الوسط الموجود به السيقان بيئة مناسبة لنمو البكتريا وغيرها من الأحياء الدقيقة .

٢ — المرحلة البيولوجية Biological Stage :

تنمو فى إبتداء هذه المرحلة البكتريا وغيرها من الأحياء الدقيقة بسيقان النباتات الموجودة أيضاً بالماء المستعمل فى التعطين . وتكون الميكروبات الهوائية هى السائدة فى إبتداء هذا الطور لاحتواء الماء على الاكسوجين المذاب والمواد الغذائية المناسبة . وكذلك تنمو الخميرة والفطريات على سطح الماء . وبعد استهلاك هذه الميكروبات الهوائية للأوكسوجين المذاب بالماء تنشط الميكروبات اللاهوائية ، وتتكون نتيجة لذلك أحماضا عضوية وغازات خصوصا ثانى أكسيد الكربون .

يتم تعطين الكتان فى هذه المرحلة عادة ، فتفرز الميكروبات أنزيم البكتنيز الذى يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا Middle lamella فتتفكك خلايا النباتات وتنفصل الألياف عن بعضها .

وتلعب الميكروبات اللاهوائية الدور الرئيسى فى التعطين ، حيث تنمو بغزارة فتفرز الانزيمات التى تذيب بكتين الصفيحة الوسطى للخلايا البرنشيمية للقشرة والاشعة النخاعية والخشب . وبذلك تنفصل الحزم الوعائية عن القشرة وعن الخشب . وفيما يلى أنواع هذه البكتريا :

Clostridium pectinovorum (related to Clostridium butyricum)
Cl. felsineum

وهذان الميكروبان من أهم البكتريا اللاهوائية التى تقوم بتعطين الكتان . ولقد استعمل حديثا فى المناطق المتخصصة فى تعطين الكتان أحواض خاصة حيث توضع سيقان الكتان وتضاف إليها المياه ثم تلقح ببادىء مكون من الميكروبين Cl. Felsineum, Cl. pectinovorum

والبادىء عبارة عن شرائح من البطاطس ينمو عليها الميكروبان ويستعمل فى الطور اللوغارتمى للنمو . وتتكون نواتج كيمائية من عملية التعطين نتيجة للتخمر ، وتختلف هذه النواتج باختلاف أنواع الميكروبات والظروف التى تتم فيها عملية التعطين ، وهذه النواتج تشمل الاحماض العضوية مثل حامض الخليك والبيوتريك وغيرها من الأحماض . كما تتكون الغازات مثل غاز ثانى أكسيد الكربون والايدروجين وأحيانا الميثان وكبريتور الايدروجين. وتتكون أيضاً الكحولات مثل كحول الايثيل وكحول البيوتيل كما يتكون الاسيتون وغيرها من مركبات الأحماض العضوية .

ومن المهم جداً أن يراعى عدم الزيادة فى التعطين وإلا تعدى التحليل إلى السليولوز نفسه ، ومن الجدير بالذكر أن سليولوز الألياف لايتحلل بواسطة البكتريا المرغوبة فى عملية التعطين .

٣ — المرحلة الميكانيكية Mechanical Stage :

تغسل النباتات المعطنة جيداً بالماء ، فإذا كان التعطين فى أحواض خاصة فإن الأنسجة تغسل بماء ينساب من أسفل إلى أعلى ، والغرض من عملية الغسيل هو إزالة المواد العالقة من بقايا النباتات والأحماض العضوية والروائح وغيرها من المواد الموجودة على السيقان . وقد تستعمل أحيانا مواد قلوية مثل إيدروكسيد الصوديوم المعادلة للأحماض الموجودة بأحواض التعطين ، وهذه العملية تعطى ألياف ذات صفات عالية من اللمعان والجودة .

بعد ذلك تجفيف الأنسجة المغسولة جيدا سواء طبيعيا أو بالطرق الصناعية، ثم تفصل الألياف من القشرة والخشب بالطرق الميكانيكية .

درجة حرارة التعطين :

وتستعمل درجات حرارة مختلفة فى عمليات التعطين ، وعلى العموم يمكن القول أن درجة حرارة ما بين ٣٧ — ٣٨°م تؤدى إلى سرعة التعطين، ولكنها تعطى ألياف قليلة الجودة ، حيث أن هذه الدرجة العالية تشجع نمو البكتريا إلى درجة كبيرة ، الأمر الذى قد يسبب زيادة التعطين فى وقت قصير، مما يتسبب عنه تلف الألياف ولكن قد يتحصل على نتائج حسنة من إستعمال هذه الدرجة إذا أديرت عملية التعطين بكفاءة وخبرة تامة .

والدرجة المستعملة عادة فى التعطين هى ٢٦-٢٨°م أو ٣٠ - ٣٢°م ومن الطبيعى أن التعطين بالندى يتعرض إلى درجات حرارة مختلفة

طريقة كربون Carbone Retting Process :

وهى إحدى طرق التعطين التى تتم تحت الظروف اللاهوائية ويستعمل فى هذه الطريقة بادىء من ميكروب Cl. felsineum النامى على بيئة البطاطس، بنسبة ١ لتر إلى كل عشرة كيلوجرامات من النباتات الجافة المراد تعطينها ،

يضاف إلى الماء المستعمل فى التعطين ، ثم ترفع درجة الحرارة بأحواض التعطين إلى درجة ٣٧ — ٣٨°م. وهى الدرجة المثلى لنمو هذا الميكروب . وتتم عملية التعطين فى مدة خمسين ساعة قد تطول أو تقصر حسب ظروف العملية وهذه الطريقة يجب أن تجرى بعناية كبيرة وتحت ملاحظة وخبرة دقيقة عن الطرق الأخرى للتعطين . والألياف الناتجة عن هذه العملية ذات صفات جيدة ولون لامع وتصافى عالية .

(ب) الطريقة الهوائية : **Aerobic Retting Processes**

تمكن G. Rossi من ابتكار طريقة خاصة لتعطين الكتان تحت الظروف الهوائية، وذلك بإضافة مزرعة من B. comesii إلى سيقان النباتات المغمورة فى الماء بأحواض خاصة وحفظ درجة حرارة الماء على ٢٨-٣٠° م مع استمرار التهوية لكى تنشط البكتريا الهوائية وخاصة B. comesii

ولقد وجد أن هذه العملية تتولد عنها كمية قليلة من الأحماض العضوية ، ويقل احتمال زيادة التعطين overretting إلى درجة كبيرة ؛ ويمكن تجفيف الألياف صناعيا بدون أى خطورة عليها . والألياف الناتجة عن التعطين بهذه الطريقه تكون ذات لون غامق ومتينة .

طريقة « التعطين بالندى » **Dew Retting :**

تلعب الفطريات الدور الرئيسى ، ولو أن البكتريا توجد بأعداد كبيرة. وتجرى هذه الطريقة بنشر السيقان المراد تعطينها فى طبقات رقيقة على سطح الأرض ، وبذلك تعرض لتأثير الشمس والندى والمطر . وعلى ذلك تتوقف جودة التعطين على الطقس والمكان المفروش عليه السيقان والتربة ، وعلى ذلك لا يمكن التحكم فى التعطين بهذه الطريقة ، لذلك ولو أنها بسيطة ورخيصة إلا أنها تعطى ألياف رديئة الجودة وقليلة التصافى .

السيلاج

Silage

السيلجة عملية يمكن بواسطتها حفظ نباتات العلف الأخضر بالتخمر . والسيلاج هو العلف الأخضر المحفوظ للحيوانات . ويستغل الفائض من العلف الأخضر بعمله سيلاج . يستهلك أثناء فترة الشتاء القارص فى أوربا وأمريكا (الجليد) أو أثناء الجفاف فى حالة عدم وجود العلف . وفى مصر يعمل فى فصل الشتاء ويستهلك فى الصيف عند ندورة العلف الأخضر .

النباتات التى يعمل منها السيلاج :

الحشائش على إختلاف أنواعها (فى أوروبا) ، عيدان الذرة الخضراء (فى أمريكا) وكذلك البرسيم الحجازى وغيرها من النباتات البقولية بأنواعها .

الطريقة :

تقطع النباتات إلى قطع صغيرة وتعبأ وتدك جيداً فى السيلو (الصوامع) Silo . وعادة تحتوى النباتات الخضراء على كمية كافية من الرطوبة تساعد البكتريا على النمو . كما تحتوى على الكربوايدرات مثل السليولوز والهميسليولوز والسكريات ، وكذا تحتوى على البروتينات بكميات مختلفة . تنمو البكتريا والخميرة والفطريات الملوثة لأسطح هذه النباتات ، وكذا الموجودة ببقايا التربة العالقة . ولكن ماتلبث كثير من الميكروبات أن تقف عن النمو ، نظراً لعدم كفاية الاوكسوجين الذى تستعمله خلايا النباتات وهذه الميكروبات أيضاً فى التنفس ، فتقف بذلك الميكروبات الهوائية عن النمو ، ولكن الميكروبات اللاهوائية تنمو ، فتتحول السكريات إلى

أحماض بواسطة بكتريا حامض اللكتيك الكرية ، ثم بعد أن تبلغ درجة تركيز الأحماض حداً معينا تنشط بكتريا حامض اللكتيك العصوية ومن بينها Lactobacillus brevis type وبذلك تنتج كمية وافرة من الأحماض تسبب وقوف نشاط الميكروبات الأخرى خصوصا المحللة للبروتينات .

نواتج عملية التخمر :

أهمها حامض اللكتيك و ك ا ٢ وقليل من حامض الخليك والبروبيونيك وغيرها من الأحماض العضوية وقليل من الكحولات

فساد السيلاج :

تلعب الفطريات دوراً كبير فى فساد السيلاج ، ولكن هذه الفطريات هوائية وعليه فانها تنمو على سطح السيلاج وتتلفه ، ولكن الطبقات التى تلى ذلك تكون بعيدة عن هذا الفساد حيث لا يوجد الاوكسوجين . وقد تنمو بكتريا غير مرغوب فيها مثل بكتريا حامض البيوتيريك ، وهى بكتريا لاهوائية أيضاً ، ولكن إذا إبتدأت بكتريا حامض اللكتيك بسرعة وبمعدل كبير ، فانها تحبط نمو الميكروبات الغير مرغوب فيها .

استعمال نباتات غنية فى البروتين:

عند عمل سيلاج من مواد علف غنية بالبروتينات مثل النباتات البقولية، فانها تعامل معاملة خاصة نظراً لقلة الكربوايدرات بهذه النباتات، الأمر الذى يسبب تلفها لنمو الميكروبات التعفنية ، لذلك يلجأ إلى معادلة المواد البروتينية بإضافة مواد كربوايدراتية سهلة التخمر بكميات وافرة، وعلى ذلك فان التخمر اللاكتيكى يتم سريعاً ويتكون سيلاج من نوع جيد . ويمكن إجراء ذلك بإضافة ٥٠ ـ ١٠٠ رطل من المولاس إلى كل طن من النباتات البقولية أو خلط

النباتات البقولية بكميات من نباتات غنية بالكربوايدرات مثل نباتات الذرة أو الذرة السكرية .

وعند ذلك يحدث التخمر اللاكتيكي المرغـــوب فيه ، الذى يوقف التخمرات الضارة .

مما سبق يتضح أن هناك عاملين هامين يجب أن يوضعا فى الاعتبار عند عمل السيلاج وهما الحموضة والظروف اللاهوائية .

ا — الحموضة :

إذا خفضت درجة تركيز أيون الإيدروجين سريعاً فان ذلك له تأثير حسن فى إيجاد سيلاج مرغوب فيه وذلك للأسباب الآتية :

١ — يقف تحلل البروتينات غالبا عندما تكون هناك حموضة ، بينما يحدث دائما على درجة حموضة بين ٦ ، ٧ .

٢ ـ التخمر البيوتيريـــكى للسكريات واللاكتات يحدث عند الرقم الإيدروجينى ٧ بشدة ويقل تدريجيا بإنخفاض رقم pH إلى أن يقف عند ٣ ـ ٥ ، ومن الجدير بالذكر أن رائحة حامض البيوتريك غير مرغوبة لدى الحيوانات التى تحجم عن أكل السيلاج الذى به هذه الرائحة .

٣ ـ درجة pH المناسبة لميكروبات حامض اللاكتيك من ٣ ـ ٤، ومن حسن الحظ أن هذه الدرجة غير مناسبة للميكروبات التى تسبب فساد السيلاج.

لذلك إذا لم يخفض الرقم الإيدروجينى سريعا فان الميكروبات الغير مرغوب فيها تلعب دوراً فى إتلاف أو إنتاج سيلاج غير جيد. مثال ذلك Cl. butyricum التى تحول حامض اللاكتيـــك إلى حامض البيوتريك، و Cl. sporogenes التى تحلل البروتينات وتنتج مواد يعف عنها الحيوان، هذا علاوة على نقص قيمة السيلاج فى البروتين .

ولقد وجد أن الرقم الأيدروجينى ٤ هو أنسب رقم لتشجيع نمو ميكروبات حامض اللكتيك مع إيقاف نمو الميكروبات الغير مرغوب فيها .

وحديثاً تمكن العالم فرتانن من إيجـــاد طريقة تسمى .A.I.V نسبة A.I. Virtanen لعمل سيلاج من النباتات البقولية (الغنية بالبروتينات) ، وذلك بإضافة ٤ أجزاء من حامض يدكل إلى جزء من حامض يد٢ كب ا٤ بنسبة ١٠٠ لتر (٢ أساسى) إلى كل طن من قطع النباتات المراد عملها سيلاج. وهذه الكمية تخفض الرقم الايدروجينى إلى ٤ . وهذه الدرجة كما سبق القول تمنع تحلل البروتينات ، ويشجع نمو ميكروبات حامض اللكتيك . ولقد استعمل أيضاً حامض الفوسفوريك فى هذا الغرض بنسبه ٢٠–٣٠ رطل من الحامض (٧٥٪ تركيز) إلى كل طن من النباتات البقولية .

ب — الظروف اللاهوائية

يجب أن يكون السيلاج مدموك (ومضغوط جيداً) وذلك لكى لا يتسرب الاوكسوجين إلى الصومعة فيتلف السيلاج نمو الفطريات وغيرها من الكائنات الغير مرغوب فيها والتى تحول السيلاج فى النهاية إلى ك ا٢ ، يد٢ ا ، ن يد٣ (فى وجود الهواء) .

أما إذا حفظ مضغوطا فان الأنسجة النباتية والكائنات الحية تتنفس وتستعمل الاكسوجين وينتج ك ا٢ ، ويتحول جو الصومعة إلى الوسط اللاهوائى سريعا ، فتنشط الميكروبات اللاهوائية واللاهوائية اختيارا مثل ميكروبات القولون وغيرها. وما تلبث أن ينخفض الرقم الإيدروجينى إلى ٢ر٤ تقريبا ، فتموت هذه الميكروبات وتبدأ بكتريا حامض اللكتيك فى عملها .

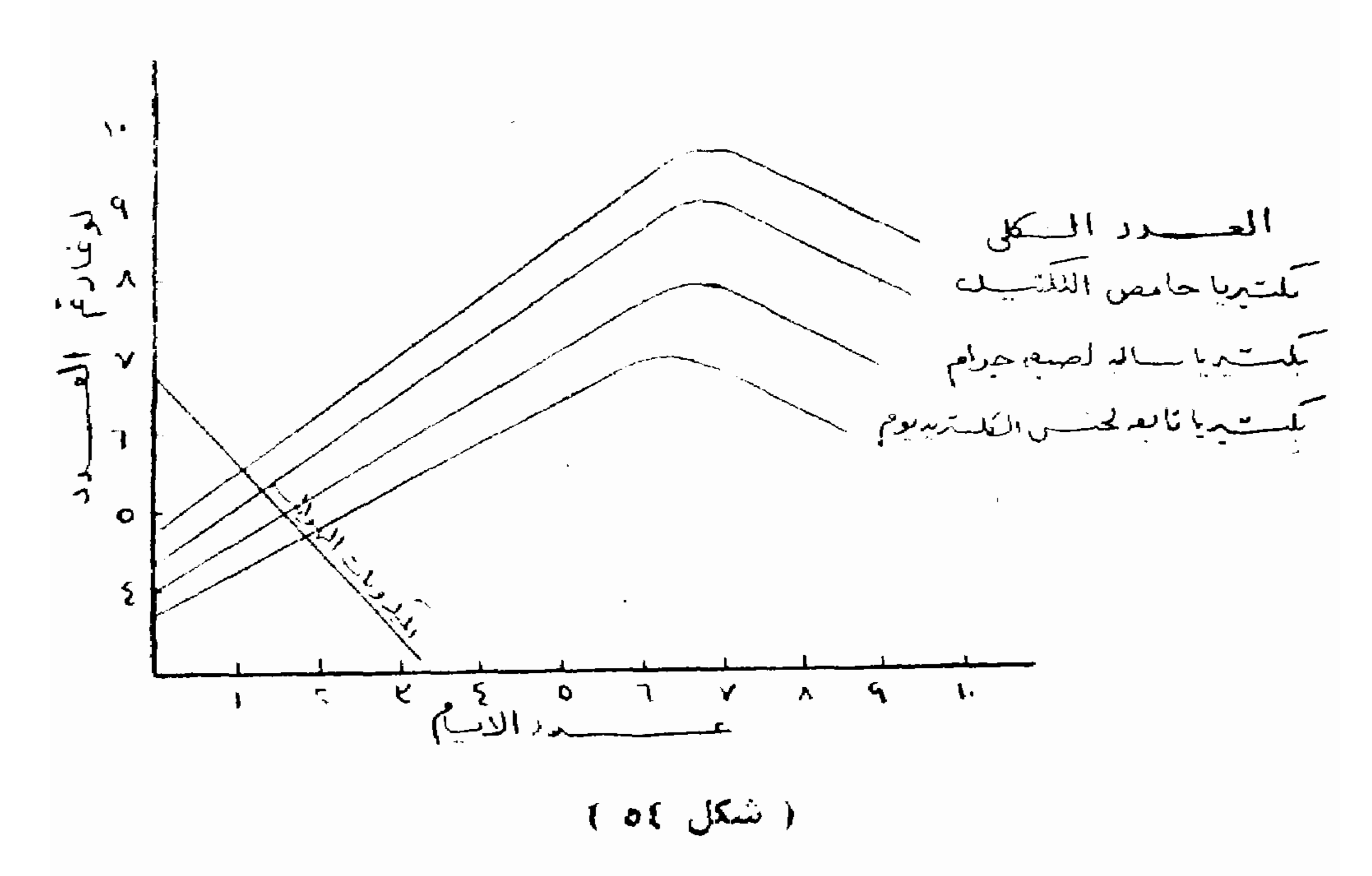
ويوضح شكل (٥٤) معدل نمو أنواع الميكروبات الهامة التى تقوم بعملية التخمر فى الأعمار المختلفة ، ويلاحظ أن الميكروبات الهوائية قد انخفضت

بمعدل كبير بعد البدأ فى العملية ، وذلك لاستهلا كها الاوكسوجين وكذا لتنفس النبات . كما يلاحظ أن بكتريا حامض اللاكتيك هى الغالبية .

ملاحظات عن عمل السيلاج

١ ـ وجد أنه إذا أرتفعت درجة حرارة السيلاج إلى ٤٠° م أو أعلى يترتب عليه تقليل نشاط بكتريا حامض اللاكتيك . كما تفقد النباتات كثيرا من عصاراتها (تسلق) .

٢ ـ إذا جفت المواد المصنوع منها السيلاج إلى حوالى ٣٥٪ وزن جاف ، فإنه لايفقد شيء من محتويات النباتات العصيرية ، ولكن إذا كان الجفاف زائدا (٤٠٪) فإنه من الصعب التخلص من الاوكسوجين الذى يشجع نمو الميكروبات الهوائية والتى تعمل على فساد السيلاج .



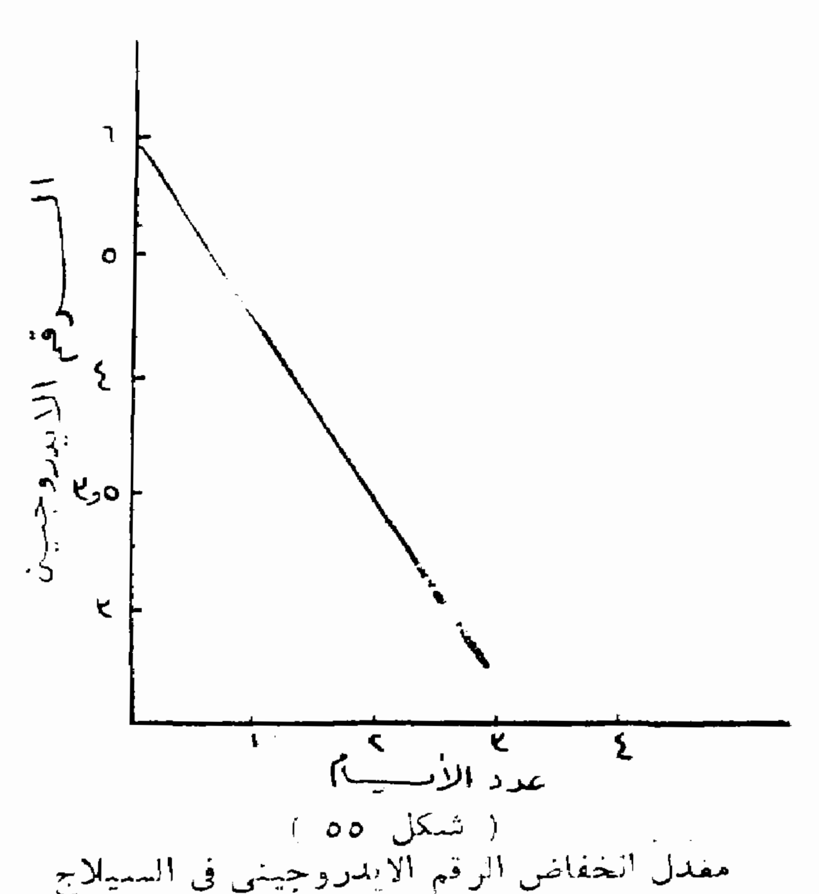
(شكل ٥٤)

انواع الميكروبات فى السيلاج واعدادها فى الاعمار المختلفة

٣ — تقطيع النباتات المصنوع منها السيلاج إلى قطع صغيرة مفيد حيث أنه يساعد الميكروبات على العمل السريع لخفض الرقم الايدروجيني .

٤ — قد تضاف مواد موقفة لنشاط الميكروبات خصوصاً التعفنية كما فى طريقة A.I.V. التى تستعمل فيها الأحماض لخفض الرقم الأيدروجيني كما سبق شرحه . ولكن هذه الطريتة يقصر استعمالها على فنلندا لأنها تعطى سيلاج غير مستساغ لدى الحيوانات وذو طعم لاذع . وقد تستعمل بعض المواد الكيماوية لمعادلة الحموضة قبل أن يتغذى الحيوان على السيلاج الناتج . ومن الملاحظ أيضا أن إستعمال الأحماض خطر بالنسبة للفلاحين وليس من السهل خلطه بمواد العلف . ويستعمل فى أمريكا Sodium meta bisulphite الذى ينتج عن تحلله كبريت الذى يوقف نشاط كثير من الميكروبات التعفنية.

٥ — قد يستعمل بادىء من بكتريا حامض اللكتيك ، وذلك لزيادة عددها حيث تعمل على خفض الرقم الأيدروجيني سريعا وبذا يحد نشاط الميكروبات التعفنية .



(شكل ٥٥)
معدل انخفاض الرقم الايدروجيني فى السيلاج

٦ — يصل الرقم الأيدروجيني إلى حوالى ٣ بعد مدة تقرب من ثلاثة أيام فى السيلاج الجيد .

العوامل التى يجب توافرها لكى ينتج سيلاج جيد .

١ — خفض درجة تركيز أيون الأيدروجين سريعا وذلك عن طريق: إضافة كربوايدرات سهلة التخمر بكمية يجب حسابها خصوصا عندما تكون المواد التى يعمل منها السيلاج غنية فى البروتينات مثل إضافة المولاس أو الذرة السكرية،وتتوقف كمية هذه المواد المضافة على عدة عوامل منها عمر النباتات التى يصنع منها السيلاج وكمية الرطوبة . . . وغيرها .

٢ — إحداث ظروف لاهوائية : وذلك بادماك النباتات وتغطية سطح الصوامع جيدا ، وذلك لكى تمنع الفطريات من النمو. وكذا إضافة كمية مناسبة من الماء لكى تملأ المسافات البينيه بين النباتات. ومن الجدير بالذكر أن درجة حرارة الصوامع تعطينا فكرة عن ذلك، فاذا كان الوسط لاهوائى فلا ترتفع درجة الحرارة عن ٨٠ — ٩٠°ف . ولكن إذا كان هناك هواء يتسرب إلى الصومعة فان درجة الحرارة ترتفع عن ١٠٠°ف وتسبب خسارة كبيرة فى الوزن الجاف ، علاوة على التخمرات الغير مرغوب فيها .

٣ — زيادة الرطوبة : إذا كان هناك كمية زائدة من الرطوبة فإن الميكروبات التابعة لجنس Clostridium تنمو وتحلل البروتينات، وتسبب خسائر اقتصادية بالسيلاج . ويمكن تلافى ذلك بصرف الماء الزائد ، ولكن الصرف السريع يسبب خسارة المواد الغذائية، كما يسبب دخول الأوكسجين مما يؤدى إلى نمو الفطريات بالسيلاج ، لذلك يجب إضافة مواد تمتص الرطوبة مثل القش .

المراجع العربية المختارة

١ — دكتور احمد رياض : السماد من قمامة المدن ، الكتاب السنوى للجمعية الكيميائية المصرية ، القاهرة ، ١٩٤١ — ١٩٤٢

٢ — دكتور احمد رياض : نظرات فى النواحى العامة والتطبيقية للتسميد العضوى والازوتى فى مصر . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى ، الاسمدة والتسميد فى مصر ، ٤ — ٦ يناير سنة ١٩٥٩

٣ — دكتور صلاح الدين محمود طه ، دكتور سعد على زكى محمود ، محمد الصاوى مبارك : التغيرات الميكروبيولوجية التى تحدث فى الاراضى المستصلحة بمديرية التحرير . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى « الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ — ٦ يناير سنة ١٩٥٩

٤ — دكتور عبد الحليم الدماطى . محمد الصاوى مبارك : تأثير التسميد العضوى على اراضى وبعض محاصيل بمديرية التحرير . الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ للجمعية المصرية لعلوم الاراضى « الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ — ٦ يناير سنة ١٩٥٩

٥ — دكتور فتح الله علام : الكيمياء الزراعية — ، مكتبة النهضة المصرية ، القاهرة ، الطبعة الثالثة ، ١٩٤٣

٦ — دكتور محمد فهمى : تثبيت الازوت الجوى فى النباتات البقولية بواسطة بكتريا العقد الجذرية . العلوم الزراعية — المجلد الثامن — العدد الاول — يونيو ١٩٥٥ كلية الزراعة — جامعة القاهرة

٧ — محمد ابو الفضل محمد : المخصبات العضوية وعلاقتها بمشروعات الانتاج الزراعى . الكتاب السنوى السادس والعشرين للمجمع المصرى للثقافة العلمية ، القاهرة ، ١٩٥٦

٨ — محمد ابو الفضل محمد : الخطوط الرئيسية للنهوض بانتاج الاسمدة العضوية ، الكتاب الثانى ، ١٩٥٨ الجمعية المصرية لعلوم الاراضى «الاسمدة والتسميد فى مصر » ، ٤ — ٦ يناير سنة ١٩٥٩

٩ — محمد ابو الفضل محمد : الاسمدة العضوية وتصنيع المتخلفات النباتية والحيوانية ، كتاب — الطبعة الاولى ، القاهرة ، ١٩٦٠

١٠ - قسم الميكروبيولوجيا بوزارة الزراعة ، الاسمدة العضوية واهميتها - العجالة رقم ١١١ ، القاهرة ، ١٩٥٦ ، ١٩٥٨

١١ - قسم الكيمياء بوزارة الزراعة ، تعليمات لتحويل المتخلفات النباتية الناتجة من الحقل أو الحديقة الى سماد بلدى صناعى . العجالة رقم ١٠٥ ، القاهرة ، ١٩٥٦

SELECTED REFERENCES

General References :

Allen, O.N. (1950) ; Experiments in soil Bacteriology. Burgess Publishing Co.

Dowson, W.J. (1949) : Manual of Bacterial Plant Disease Adam and Charles Black, London.

Gibson, T. (1951) : Recent Progress in Soil Bacteriology. World Craps, **3,** No. 4.

Frobisher, M. (1949) : Fundamentals of Bacteriology. Fourth Edition. W.B. Saunders Co., Philadelphia and London.

Gracie, D.S. & Khalil, F. (1939) : The quantity distribution and composition of organic matter and available nitrogen in Egyptian soils, Min. Agr. Tech. Bull. No. 222.

Prescott, J.A. (a) (1918) ; Nitrification in Egyptian Soils, Agr. Sci., **9** : 216-236.

Prescott, J.A. & Piper, G.R. (1930) ; Nitrate fluctuations in a South Australian Soil, J. Agr. Sci., **20** : 517-531.

Prescott, S.C. & Dunn, (1949) ; Industrial Microbiology. Second **ed.** McGraw-Hill Book.

Russell, E.J. (1950) : Soil Condition and Plant Growth. Eight **ed.** Logmans, Green and Co., London — New York — Toronto.

Sarles, W.B., Frazier, W.C., Wilson, J.B. & Knight, S.G. (1951) : Microbiology General and applied, Harper and Brothers.

Selim, M., Abd-El-Malek, Y. & Rizk, S.G. (1956) ; Effect of drying "Sharaqi" and irrigation on changes of soil nitrogen. Faculty of Agr., Cairo University, Bull. No. **74.**

Stephenson, M. (1949) ; Bacterial Metabolism, Third **Ed.** Longmans, Green & Co., London, New York, Toronto.

Thimann, K.V. (1955) ; The life of Bacteria. The Macmillan Co.

Ganghran, E.R.L. (1947) ; The Thermophilic Microorganisms Bact. Revs, Vol. 11, p. 189.

Campbell, L.L., Frank, H.A. and Hall, E.R. (1957) ; Studies on thermophilic sulphate-reducing bacteria. Identification of sporovibrio desulphuricans and Cl. nigrificans. J. Bact. **73,** 516.

Jensen, H.L. (1960) ; Course of lectures given at the National Research Centre Cairo, Egypt, U.A.R.

Waksman, S.A. (1927); Principles of Soil Microbiology, Williams & Wilkins Co., Baltimore 1st Edition, 2nd Edition 1932.

Waksman, S.A. (1950): The Actinomysetes, Chronica Botanica Co., Waltham, Mass.

Waksman, S.A. & Starkey, R.L. (1950): The Soil & the Microbes, John Wiley and Sons, Inc., London, Chapman & Hall, Ltd.

Waksman, S.A. (1952): Soil Microbiology, John Wiley and Sons, Inc., New York, Chapman and Hall Ltd., London.

Steiner, R.Y., Doudroff, M. & Adelberg, E.A. (1958); General Microbiology, Macmillan & Co., London.

Smith, N.R. (1948): Ann. Rev. Microb. **2,** p. 453.

Lochhead, A.G. (1952); Ann. Rev. Microb. **6,** p. 185.

Swaby, R.J. (1949); J. Gen. Microbiology **3,** p. 236.

Gerretson, F.C. (1948); Plant and Soil **1,** p. 51.

Davis, J.F. (1944); J. Am. Soc. Agron. **36,** p. 869.

Collins, (1944); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **8,** p. 221.

Timonin, M.I. (1946); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **11,** p. 284.

Gutter, Crump and Sandon (1922): Phil. Trans. Roy. Soc. B. **211,** p. 317.

Gerretson, F.C. (1950); Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci. **2,** p. 114.

Lockhead, A.G. (1926); Soil Sci. **21,** p. 225.

Jones and Mollison (1948); J. Gen. Microbiol. **2,** p. 54.

Skinner, Jones and Mollison (1952): J. Gen. Microbiol. **6,** p. 261.

Winogradsky, S. (1924); Ann. Inst. Pasteur **39,** p. 299.

Rossi, G. (1921); Soil Sci. **12,** p. 409.

Gray and Thornton (1934); Proc. Roy. Soc. B. **115,** p. 522.

Lochhead and Thexton (1952, a); Nature, **170,** p. 283.

Lochhead and Thexton (1952, b): J. Bact. **63,** p. 219.

Taylor, C.B. (1951); Proc. Soc. appl. Bact. **14,** p. 101.

Thornton, H.G. (1922): Ann. appl. Biol. **9,** p. 241.

Dawson and Dawson (1946): Soil Sci. Soc. Am. Proc., **11,** p. 268.

Martin, J.P. (1950): Soil Sci. **69,** p. 215.

Warcup, J.H. (1950); Nature **166,** p. 177.

Winogradsky, S.H. (1933); Ann. Inst. Past. **50,** p. 350.

Pelczar, M.J. and Reid, R.D. (1958): Microbiology. McGraw-Hill Book Co.

Special References :

Nitrification

Quastel and Scholefield (1951) : Bact. Rev. **15,** p. 1 (Review).
Meiklejohn, J. (1953) : J. of Soil Science, **4,** p. 59 (Review).
Meiklejohn, (1950) ; J. Gen. Microbiol. **4,** p. 185.
Taylor, C.B. (1950) : J. Gen. Microbiol. **4,** p. 235.
Smith, W.K. (1951) : Proc. Soc. appl. Bact. **14,** p. 139.
Lees, H. (1951) ; Nature **167,** p. 365.
Lees, H. (1952) ; Bioch. J. 52, p. 134.
Jeffrey and Smith (1951) ; Proc. Soc. appl. Bact. **14,** p. 169.
Jensen, H.L. (1950) : Nature **165,** p. 974.
Winogradsky (1931-37) : See "Microbiologie du sol", Paris.
Fisher, Fisher and Appleman (1952) ; J. Bact. **64,** p. 596.
Hofman and Lees (1952) ; Bioch. J. **52,** p. 140.
Halvorson and Caldwell (1949) ; Soil Sci. Soc. Am. Proc. **13,** p. 258.
Stephenson, M. (1949) : Bacterial Metabolism, London.
Quastel and Lees (1946) ; Bioch. J. **40,** p. 824.
Quastel and Schofield (1949) ; Nature **164,** p. 1068.
Lees, H. (1952) : Nature **169,** p. 156.
Meiklejohn, J. (1953, b) ; J. Gen. Microbiol. **8,** p. 58.
Meiklejohn, J. (19952) ; Nature **170,** p. 1131.
Dhar and Mukerji (1941) ; Ann. Agronomie **11,** p. 87.
Lees and Quastel (1946, a) ; Bioch. J. **40,** p. 815.
Lees and Quastel (1946, b) ; Bioch. J. **40,** p. 803.
Jensen, H.L. (1951) ; J. Gen. Microbiol. **5,** p. 360.
Quastel, Scholefield and Stevenson (1952) ; Bioch. J. **51,** p. 278.
Gerretson, F.C. (1950) ; Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci. **2,** p. 114.

Nitrogen fixation :

Virtanen, A.I. (1948) : Ann. Rev. Microbiol. **2,** p. 485 (Review).
Jensen, H.L. (1950) ; Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci. **1,** p. 165 (Review).
Allen and Allen (1950) : Bact. Rev. **14,** p. 273 (Review).
Wilson and Burris (1947) ; Bact. Rev. **11,** p. 41 (Review).
Dhar, N.R. (1947) : Nature **159,** p. 65.
Rosenblum and Wilson (1949) ; J. Bact. **57,** p. 413.
Guest and Kamen (1949) ; J. Bact. **58,** p. 239.
Lindstrom, Burris and Wilson (1949) ; J. Bact. **58,** p. 373.

Lindstrom, Burris and Wilson (1950); Science **112, p. 197.**
Lindstrom, Burris and Wilson (1951); J. Bact. **61, p. 481.**
Sisler and Zobel (1951); Science **113,** p. 511.
Starkey and De (1939); Soil Sci. **47,** p. 329.
Stapp, C. (1940); Zentr. Bakt. Parasitenk. II, **102,** p. **1.**
Tchan, Y.T. (1952); Proc. Linn. Soc. N.S.W. **77,** p. 92.
Gray and Smith (1950); J. Gen. Microbiol. **4,** p. 281.
De and Sulaiman (1950); Soil Sci. **70,** p. 137.
Willis and Green (1948); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **13, p. 299.**
Rosemblum and Wilson (1950); J. Bact. **59,** p. 83.
Gonick and Reuszer (1948); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **13, p. 251.**
Horner and Allison (1944); J. Bact. **47,** p. 1.
Greene, R.A. (1935); Soil Sci. **39,** p. 327.
Hurvey and Greaves (1941); Soil Sci. **51,** p. 85.
Richards, E.H. (1939); J. Agric. Sci. **29,** p. 302.
Jensen, H.L. (1940); Proc. Linn. Soc. N.S.W. **65,** p. 543.
Lind and Wilson (1942); Soil Sci. **54,** p. 105.
Timonin, M.I. (1948); Proc. Soil Sci. Soc. Am. **13,** p. 246.
Clark, F.E. (1948); Soil Sci. **65,** p. 193.
Gainey, P.L. (1949); J. Agric. Res. **78,** p. 405.
Allison et al (1947); Soil Sci. **64,** p. 489.
Davis, J.F. (1944); J. Amer. Soc. Agron. **36,** p. 869.
Norman, A.G. (1944); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **8,** p. 226.
Collins, W.O. (1944); Ibid. p. 221.
Erdman, L.W. (1944); Ibid. p. 213.
Thornton, H.G. (1949); Agric. Progress, **24,** Part II.
Nutman, P.S. (1952); Proc. Roy. Soc. B. **139,** p. 176.
Chen et al (1940); Proc. Roy. Soc. B. **129,** p. 475.
Spencer, D. (1950); Aust. J. Agric. Sci. **1,** p. 374.
Ash and Allen (1950); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **13,** p. 279.
Lipman and Fowler (1915); Science, **41,** p. 256.
Vogel and Zipfel (1921); Cent. Bakt. II, **54,** p. 13.
Wilson, J.K. (1926); J. Amer. Soc. Agron. **18,** p. 911.
Bisset, K.A. (1952); J. Gen. Microbiol. **7,** p. 233.
Klimmer and Kruger (1922); Cent. Bakt. II, **55,** p. 281.
Vincent, J.M. (1941); Proc. Linn. Soc. N.S.W. **66,** p. 145.
Vincent, J.M. (1942); Ibid. **67,** p. 82.
Kleczkowski and Thornton (1944); J. Bact. **48,** p. 661.
Thornton and Kleczkowski (1950); Nature **166,** p. 1118.
Nutman, P.S. (1946); J. Bact. **51,** p. 411.
Hofer, A.W. (1945); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **10,** p. 202.

Chen and Thornton (1940); Proc. Roy. Soc. B. **129**, p. 208.
Chen et al (1940); Ibid. p. 475.
Nutman, P.S. (1946); Nature **157**, p. 463.
Virtanen, A.I. (1945); Nature **155**, p. 747.
Keilin, D. (1945); Ibid. p. 227.
Keilin D. (1948); Nature **159**, p. 692.
Wilson, J.K. (1939); J. Am. Soc. Aron. **31**, p. 159.
Appleman and Sears (1942); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **7**, p. 263.
Wilson, J.K. (1944); Soil Sci. **58**, p. 61.
Demolon and Dunez (1936); Ann. Agronomie **6**, p. 434.
Vandecaveye and Katznelson (1936); J. Bact. **31**, p. 465.
Vandecaveye and Fuller (1940); Soil Sci. **50**, p. 15.
Katznelson and Wilson (1941); Soil Sci. **51**, p. 59.
Vandecaveye and Moodie (1944); Soil Sci. Soc. Am. Proc. **8**, p. 241.
Kleczkowski and Kleczkowski (1953); J. Gen. Microbiol. **8**, p. 135.
Stephenson, M. (1949); "Bacterial Metabolism" London and New York.
Virtanen and Laine (1938); Nature **141**, p. 748.
Jensen, H.L. (1954); The Azotobacteriaceae, Bact. Rev. **18**, p. 195.
Roy, A.B. and Mukherjee, M.K. (1957); A new type of nitrogen-fixing bacterium. Nature, Vol. 180, p. 236.
Roy, A.B. (1958); A new species of Azotobacter producing heavy slime and acid. Nature, Vol. 182, p. 120-121.
Lotfi, M. and Fahmy, M. (1958); Agric. Res. Rev. Ministry of Agric. Cairo, Vol. 36, p. 325.

Soil Aggregation :

Swaby, R.J. (1949); See above.
Swaby, R.J. (1950); J. Soil Sci. **1**, p. 182.
Geoghegan, M.J. (1950); Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci. **1**, p. 198.

The Rhizosphere :

Clark, F.E. (1949); Advances in Agronomy **1**, p. 241.
Katznelson, Lochhead and Timonin (1949); Bot. Rev. **14**, p. 543.
Porter, C.L. (1944); Amer. Jour. of Bot. XI, 3.
Christensen, J.J. and Davis, F.R. (1940); Phytopat[illegible] 30.

Starkey, R.L. (1958) ; Bacteriological Rev. **22,** p. 154.
Naim, M.S., Mahmoud, S.A.Z. and Hussein (1957) ;
Ain Shams Science Bulletin No. **2,** p. 65.
Montasir, A.H., Mostafa, M.A. and Elwan, S.A. (1958) ;
Ain Shams Science Bulletin No. **3,** p. 83.
Louw, H.A. and Webley, D.M. (1959) ; J. appl. Bact. **22,** p. 216.
Louw, H.A. and Webley, D.M. (1959) ; J. appl. Bact. **22,** p. 227.
Elwan, S.H. and Mahmoud (1960) ; Archiv Für Microbiologie **36,** p. 360-364.
Kadry, A., Mahmoud, S.A.Z. and Salama, S.
under publication.

Soil Microbiological Equilibrium :

See Gen. Ref. Waksman, (1931) and Waksman, (1952).
Meiklejohn, J. (1932) ; Ann. appl. Biol. **19,** p. 584.

Soil growth factors :

Taylor, C.B. (1951) ; Nature **168,** p. 115.
Lochhead and Thexton (1952) ; J. Bact. **63,** p. 219.
Burton and Lochhead (1953) ; Con. J. Bot. **31,** p. 145.

Antibiotics in soils :

Brain et al (1951) ; Nature **167,** p. 347.
Pramer and Starkey (1951) ; Science **113,** p. 127.

صواب الخطأ

الصفحة	السطر	الخطأ	الصواب
١٠	١٥	Bejerinck	Beijernick
٢٠	١٦	الحامض	الحاضن
٣٩	٩	Proprionibacterium	Propionibacterium
٤٩	٢٠	الأكتيوميسيس	الأكتينوميسيس
٦٥	٩	تكثر من	لا تكثر من
٧٠	٣	Arta. agilis	Az. agilis
٨٠	١٦	ام	ام٢
٨٥	١٤	Durhan	Durham
١١٠	٨	عبارة على	عبارة عن
١٣٢	٩	الجيسرول	الجليسرول
١٣٤	١٧	كاستريديا	كلوستريديا
١٣٥	٣	living in organisms	living organisms
١٣٩	٢٢	٢١٣٠٠	٢١٤٠٠
١٤٦	١٣	الأزوبكتر	الأزوتوبكتر
١٥٠	١١	هذا وقد	هذا ماقد
١٨٤	٥	(ك ىد ا)	(ك ىد٢ ا)
١٨٦	٥	الملونة الميكروبات	الملونة بالميكروبات
١٩٢	٣	ﻫ	
٢١٤	٢٠	Fugni	Fungi
٢٢٦	٥ ، ٦	بلدى وعادى عن العملية اصار	بلدى عادى عن العجالة إصدار
٢٢٧	٨	للسملة	للماء
٢٦٢	١٩	تكوسينات	توكسينات
٢٨٢	٣	السلبجة	السيلجة
٢٨٦	١٥ [illegible]	وجوه	وجود